

An aerial photograph of a dense forest canopy, showing a complex pattern of dark green and brown leaves. A bright, circular opening in the center of the canopy allows sunlight to filter through, creating a high-contrast focal point. The text is overlaid on this image.

HONOURS

Onderzoekspapers van
het Pre-U Honoursprogramma

Volume 4 | Lichting 2021 - 2023

**UNIVERSITY
OF TWENTE.**

Pre-University

Inhoudsopgave

A. Wielens, F. Collet et al. “De invloed van vitaminepillen B12 en D op de metabolisme-activiteit van het bakkersgist <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ”	6
C.E.Chau, B.Han et al. “The change in heart rate (HR) of different sexes when exposed to tranquillizing and exciting music”	12
E.D. aan het Rot, Q.D. Stoffers et al. “Effect van sporten met een laag en hoog energieverbruik op het visueel korte termijn geheugen bij kinderen van 11 jaar”	18
E.K. von Piekartz, T.T. Postmus et al. “Verschil in betrouwbaarheid van de berichtgeving van diverse nieuwssites over de onderwerpen klimaatverandering en asielbeleid”	25
E. W. L. van Felius, M. J. Wissink et al. “Research into the differences and similarities between the concepts of absolute and relative time”	37
F.A. Halbesma, H.M. Lohuis et al. “Instructiewijze om de optionele oplossing wat betreft het verlagen van de oppervlaktetemperatuur in de gemeente Hardenberg op te stellen”	46
F.B.R. Nijman, D.T.A. Venema, P. Wierbos et al. “Invloed van Co^{2+} op de oppervlakte van de doorsnede van stikstofbindende wortelknolletjes van <i>Pisum sativum</i> ”	56
F.E. Westerlaken, V.O.C Leppink et al. “Het effect van het elimineren van malaria op de bevolkingsgroei in Tanzania”	64
J.M.I. Geselschap, A.K. Versluys et al. “Het korte termijn effect van vitamine C op de Forced Vital Capacity bij jongeren”	71
Jingyuan Wu, Irene Veenstra et al. “De invloed van Mozarts Sonata for 2 piano’s in D, K448 op het concentratievermogen van Nederlandse vwo-leerlingen tussen de 14 en 17 jaar”	78
J.W. Aendekerk, L. Gebbink et al. “Een analyse van het gebruik van het zonne-energieoverschot om ‘groene’ waterstof te produceren als grondstof voor de Nederlandse industrie, over 2021.”	85
K.Y. Hendriks, F.I. Pieren et al. “Een vooronderzoek in het verschil van vakken gemiddelden en opstroomcijfers vergeleken tussen het niet CITO-eindtoets gemaakte cohort 2019-2020 en de wel CITO-eindtoets gemaakte cohorten vanaf 2015-2016”	91
L.J. de Roo, J.G. Terpstra et al. “Het verschil tussen het effect van beweging en het effect van ademhalingsoefeningen op het concentratievermogen bij kinderen van 8 tot 11 jaar”	98
L.M.J. Bonke, M.A.E. Wassink et al. “The potential usage of tryptophan nanobubbles for crossing the blood-brain barrier guided by focused ultrasound to deliver drugs for Alzheimer’s disease”	106
R.P.J. Pelle, E.A. Zwiep et al. “Het effect van afbeeldingen op het leervermogen van beelddenkers op het vwo van 11 t/m 13 jaar”	113
S.E. Meijerink, D.H.P. Wiggers et al. “De invloed van de drie opeenvolgende lockdowns op het persoonlijke stressniveau van 5 en 6 vwo-leerlingen”	123

Voorwoord

De zesde lichting van het Pre-U Honoursprogramma heeft na anderhalf jaar haar wetenschappelijke papers afgerond. In het jaarboek hebben de honoursleerlingen het schrijven van dit paper omschreven als het ‘finalestuk’. Ik wens dat het voor de leerlingen een finale was zoals vaak in de muziek: uitbundig en levendig, waarbij elementen (kunnen) terugkeren uit eerdere delen. Dat laatste weet ik zeker: de leerlingen hebben in de afgelopen anderhalf jaar op zowel academisch als persoonlijk vlak een intensief proces van leren en reflecteren doorgemaakt en vaardigheden ontwikkeld voor deze finale. Daarbij hebben ze onder begeleiding van betrokken docenten en UT-studenten de waarde van feedback ondervonden. Enorm trots ben ik dan ook op alle leerlingen die samen de finale hebben ‘gewonnen’ en de vierde uitgave van dit journal mogelijk hebben gemaakt.

Een jaar geleden las ik voor het eerst het journal van het Pre-U Honoursprogramma. Een bijzonder boekwerk van de bevindingen van de onderzoeken die middelbare scholieren in hun eindexamenjaar samen uitgevoerd hebben. Onder de indruk was ik van de geschreven papers en de uiteenlopende onderwerpen die de leerlingen zelf hebben gekozen. Toen dit jaar het verzoek kwam om het voorwoord voor het journal te schrijven, was mijn enthousiasme van vorig jaar me goed bijgebleven, maar het voorwoord niet. Ik ontdekte dat mijn voorganger de lat behoorlijk hoog heeft gelegd. Toen een collega gekscherend suggereerde de inzet van ChatGPT te overwegen, leek dat bijna een verleidelijke optie. In plaats daarvan probeerde ik mijn gevoel van onzekerheid opzij te zetten en mijn respect te uiten voor de honoursleerlingen die dit journal en een lovend voorwoord zo verdienen. Zij zijn de uitdagingen aangegaan die op hun pad kwamen en aan het einde van hun ‘zoektocht’ was de uitdaging nu aan mij om met mijn allereerste voorwoord hun papers te introduceren.

Nu rest mij om je heel veel inspiratie en leesplezier te wensen. Laat je verwonderen en bewonder de Pre-bachelor thesis resultaten van academici in de dop.

Laura Holsbeeke
Projectleider Pre-U Honoursprogramma

Colofon

Dit is een bundel van de papers die geschreven zijn door de studenten van het Pre-U Honoursprogramma, lichting 2021-2023. In het tweede jaar van het programma voerden zij in tweetallen (en soms drietallen) zelfstandig een onderzoek uit om een eigen onderzoeksvraag te beantwoorden. Daarover schreven zij een paper, dat gepeerreviewed is door medestudenten, UT-studenten en docenten van het Honoursprogramma. De ontvangen feedback is verwerkt en het eindresultaat is in deze bundel te lezen.

Jaar: 2023
Oplage: 90 stuks

Vormgeving:
Vera Jansen & Pien Buter

Druk- en bindwerk:
Gildeprint, Enschede

De invloed van vitaminepillen B12 en D op de metabolisme-activiteit van het bakkersgist *Saccharomyces cerevisiae*

A. Wielens¹, F. Collet², W.J.G. Nijenhuis³, A. A. Ten Cate³, G. Broens¹, K. Krabbe², L. Holsbeke³

¹Assink lyceum, Haaksbergen

²Bonhoeffer College, Van de Waalslaan, Enschede

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - This paper addresses the question of the influence of vitamin pills B12 and D on the metabolic activity of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. It is already known that several vitamins play a role in the weight loss of organisms. This paper looks at the role of vitamins B12 and D in metabolism, with a specific focus on their dissimilation. An increase in metabolism means faster dissimilation in human cells, which may contribute to weight loss. Yeast cells serve as a model system for human cells here because they have a similar cell structure and are easier to culture. In the experiments, the gas volume during the aerobic respiration of yeast cells is measured using an eudiometer. There are five set-ups used per trial; 1 test set-up with a medium containing only baker's yeast and dextrose and 4 set-ups in which the vitamins have also been added. A distinction is made between the type of vitamins and the amount (1 or 2 tablets). To be sure that this concerns aerobic respiration during the test, the pH value of the set-ups is measured before and after the test. The final volumes of the setups show that there is a bigger increase in gas volume in the setups with added vitamins than those in the test setup. This shows that the addition of both vitamin B12 and vitamin D to yeast cells increases the rate of respiration and the amount of carbon dioxide produced. Furthermore, the results show that the addition of 2 tablets has a bigger effect than 1 tablet. This applies to both vitamin B12 and vitamin D. However, the imprecise setup must be taken into account; the reading errors; the fillers that occur in the pills and the simplified representation of reality. It can ultimately be concluded that the vitamin pills B12 and D influence the metabolic activity in the model system, but it remains an assumption whether the data from the model system can be completely linked to human cells and whether this has a direct connection with losing weight.

1. Introductie

Stofwisseling, ofwel metabolisme, is een allesomvattende term voor de chemische reacties in cellen, waarbij de ene stof wordt omgezet in een andere stof. Een belangrijk onderdeel van dit proces is de omzetting van voedingsstoffen in energie (Radboudumc, 2022).

Dit kan in de cellen door verschillende factoren worden beïnvloed, waaronder de concentratie voedingsstoffen (Louter, 2022). Voedingsstoffen, met daarbij specifiek gekeken naar de categorie vitamines, kunnen namelijk invloed hebben op de metabolisme-activiteit en deze eventueel versnellen. Dit leidt tot een snellere afbraak van voedsel en omzetting in energie waardoor er ook sneller calorieën worden verbrand. Stofwisseling zou op deze manier een bijdrage kunnen leveren bij het verliezen van lichaamsgewicht (Sportcentrum reflex, 2022)(Vujist, 2022).

Het is bekend dat verscheidene vitamines, zoals bepaalde B-vitamines, een rol spelen bij de toename van de metabolisme-activiteit en het afvallen bij organismen (Zheng, et al., 2018). Overgewicht vormt een groot probleem in onze huidige maatschappij en uit de Leefstijlmonitor (CBR, 2021) blijkt zelfs dat circa de helft van de Nederlandse bevolking van 20 jaar of ouder in 2020 overgewicht had. Hierbij was er voor 37 procent sprake van matig overgewicht en voor 14 procent sprake van ernstig overgewicht (obesitas). Als gevolg van (ernstig) overgewicht kunnen er vele lichamelijke problemen ontstaan, zoals hart- en vaatziekten, hoge bloeddruk, artrose, kanker, rugpijn, slaapstoornissen en diabetes type 2 (Novarum, 2019). De uitkomsten van dit onderzoek, waarbij gekeken wordt naar de invloed van vitamines op de metabolisme-activiteit van gistcellen, kunnen een grote bijdrage leveren voor onze huidige samenleving. Voor dit onderzoek is gekozen voor de vitamines B12 en D vanwege hun rol bij het metabolisme en

specifiek de dissimilatie, het proces dat is onderzocht.

Gistcellen worden hierbij gebruikt als modelsysteem voor menselijke cellen, omdat gisten, net als de mens, tot de klasse eukaryoten behoren (Mohammadi, Saberidokht, Subramaniam, & Grama, 2015). Eukaryoten zijn de organismen die in elke cel een celkern hebben. Menselijke cellen en gistcellen beschikken hierbij over een vergelijkbare celstructuur, waardoor gistcellen een goed modelsysteem vormen voor het bestuderen van cellulaire processen, onder andere stofwisselingsprocessen (Kok, 2014). Daarnaast zijn gistcellen over het algemeen gemakkelijk om te kweken, waardoor dit op een eenvoudige manier gebruikt kan worden in experimenten.

Welke vitamines specifiek invloed hebben op dit proces, en wat diens invloed zou zijn, is nog onduidelijk. In dit onderzoek wordt er daarom gekeken naar de mate waarin vitamine B12 en D effect hebben op de metabolisme-activiteit van gistcellen, als modelsysteem voor menselijke cellen. Doordat vitamines B12 en D een rol spelen bij het metabolisme, is het verwachte resultaat dat er een toename in metabolisme-activiteit zal optreden bij beide vitamines.

2. Theoretisch kader

2.1 Metabolisme

Metabolisme, ofwel stofwisseling, is het totaal van alle chemische processen in cellen van een organisme (Radboudumc, 2022)(Smit, 2018). Om energie uit voedingsstoffen te halen, worden er in het lichaam een aantal stappen doorlopen om voedsel af te breken. Hierbij geldt: hoe sneller het metabolisme, hoe sneller het lichaam voedsel afbreekt en omzet in energie, waardoor calorieën worden verbrand en men lichaamsgewicht verliest. De snelheid van metabolisme wordt aan de hand van een aantal factoren bepaald: geslacht, leeftijd, lengte, hormoonhuishouding, erfelijke aanleg en voeding (Etos,

2022). Bij metabolisme wordt er onderscheid gemaakt tussen twee basisveranderingsprocessen: de opbouw van stoffen onder het gebruik van energie (anabolisme) en de afbraak van biomoleculen waar energie vrijkomt (katabolisme). Katabolisme omvat alle reacties die leiden tot afbraak (van onder andere voedsel) en anabolisme omvat alle reacties die leiden tot opbouw (van onder andere spieren) (Eigen kracht, 2003). Anabole processen in het lichaam zorgen zo voor de opbouw van weefsel en spieren en voor opslag van koolhydraten en vet. Katabole processen zorgen daarentegen voor de afbraak van koolhydraten, vetten en eiwitten (Eigen kracht, 2003). Katabolisme is een vorm van dissimilatie en anabolisme een vorm van assimilatie (Aten, 2020). In dit onderzoek wordt er gekeken naar de katabolisme, ofwel dissimilatie.

2.2 Aerobe dissimilatie

Er wordt in dit onderzoek gekeken naar de aerobe dissimilatie, omdat dit zowel in menselijke cellen als in gistcellen plaatsvindt. Deze vorm van dissimilatie vindt bij beide soorten cellen in de mitochondriën plaats waarbij glucose geheel omgezet wordt in koolstofdioxide en water, waarbij energie vrijkomt. Koolstofdioxide komt hierbij vrij in de vorm van een gas. Voor dit onderzoek wordt het volume van het vrijgekomen gas gemeten dat, volgens de gestelde hypothese, groter is bij toevoeging van de vitamines. Deze zouden de dissimilatie beïnvloeden, waardoor de productie van koolstofdioxide hoger wordt met als gevolg dat het volume sneller groter wordt. Een snellere toename van het volume koolstofdioxide betekent een toename van dissimilatie en dit wordt gelinkt aan een snellere stofwisseling. (Pfeiffer & Morley, 2014)(Singer Instruments, 2022)(Observing Cellular respiration in yeast, 2012)

2.3 *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae, ofwel bakkergist, is een populair gist, dat vaak als modelsysteem voor organismen dient, omdat vele essentiële cellulaire processen in gistcellen overeenkomen met die in menselijke cellen (Your genome, 2021). Daarnaast kan bakkergist zowel in aerobe (met zuurstof) als anaerobe (zonder zuurstof) omstandigheden leven. Door de aanwezigheid van zuurstof gaat bakkergist over op aerobe dissimilatie, waarbij glucose wordt omgezet in energie met CO₂ als bijproduct (microbewiki, 2022). De brutoreactie is als volgt: $C_6H_{12}O_6 + 6 H_2O + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 12 H_2O + \text{energie (ATP)}$. De reden dat juist dit proces wordt onderzocht, is doordat deze vorm van dissimilatie overeenkomt met het proces in menselijke cellen. Daarnaast is het bakkergist, dat voor het experiment wordt gebruikt, makkelijk verkrijgbaar en relatief eenvoudig om mee te werken. Hierdoor is *Saccharomyces cerevisiae* het meest geschikt voor ons onderzoek.

2.4 Vitamine B12

B-vitamines omvatten een groep van acht vitamines die als co-enzymen optreden bij vele biochemische reacties in het lichaam (Vitakruid.nl, 2022). Deze vitamines kunnen echter niet of alleen in geringe mate in het lichaam worden gevormd, waardoor het lichaam afhankelijk is van de inname van deze vitamines via voeding of voedingssupplementen (Natura foundation, 2022). Vitamine B12 komt in verschillende vormen voor: methyl-, adenosyl-, hydroxo-, en cyanocobalamine (Stichting Orthokennis, 2014). In dit onderzoek wordt er specifiek gekeken naar adenosylcobalamine.

B-vitamines dragen bij tot een energieleverend metabolisme.

Ze spelen namelijk een cruciale rol in de verschillende stappen van energieproductie in de cel. Vitamine B12, in de vorm van adenosylcobalamine, is namelijk betrokken bij de omzetting van methylmalonyl-CoA in succinyl-CoA. Succinyl-CoA is een intermediaire verbinding met een belangrijke rol in de citroenzuurcyclus (Stichting Orthokennis, 2014). Vitamine B12 is een belangrijke co-factor bij deze omzetting (Natura foundation, 2022). De citroenzuurcyclus vormt een belangrijk onderdeel van de aerobe dissimilatie. Zoals de naam zegt is het een cyclus, wat betekent dat in de laatste stap van het proces het molecuul van de beginstap weer wordt gevormd. In één ronde van deze cyclus worden één ATP, twee koolstofdioxide, drie NADH en één FADH₂ moleculen gevormd. NADH en FADH₂ zijn elektronendragers die van belang zijn bij de volgende stap in de dissimilatie. ATP-moleculen zijn moleculen waar energie in is opgeslagen (Khan Academy, 2022).

Daarnaast is adenosylcobalamine één van de biologische actieve (co-enzym) vormen van vitamine B12 (B12.nl, 2022). Als vitamine B12 de cel binnengaat als adenosylcobalamine, hoeft deze niet meer verder omgezet te worden (Stichting Orthokennis, 2014). Dit is handig voor het experiment, doordat niet-actieve stoffen in het lichaam eerst in actieve stoffen moeten worden omgezet om effect uit te kunnen oefenen op processen in het lichaam. In gistcellen kunnen deze stoffen niet worden omgezet, waardoor het van belang is dat de vorm van de stof vitamine B12, die gebruikt wordt voor het experiment, actief is.

2.5 Vitamine D

Vitamine D is een in vet oplosbaar hormoon dat zorgt voor de opname van calcium en fosfaat in het lichaam. Het hormoon is aanwezig in bepaalde soorten voeding en in voedingssupplementen (Zorgwijzer, 2022). Daarnaast wordt het aangemaakt in de huid onder invloed van UV-B (ultraviolet licht) uit zonlicht. Doordat een groot deel van het jaar de zon niet krachtig genoeg is om een genoeg vitamine D aan te maken, is het voor veel mensen van belang om door middel van supplementen dit tekort aan te vullen (Stichting Orthokennis, 2022). De actieve stof in vitamine D tablet is cholecalciferol (vitamine D3) (Geneesmiddeleninformatiebank, 2022).

Er zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd waarin werd uitgewezen dat de proefpersonen met meer vet een lagere vitamine D-spiegel hadden dan de personen met minder vet. Dit wijst uit dat er een relatie lijkt te zijn tussen vitamine D en gewicht verliezen en geeft aan dat vitamine D invloed zal hebben op dissimilatie (supplementen.nl, 2022).

3. Methode

De materialen die nodig zijn om dit experiment uit te voeren, zijn:

- Weegschaal
- 5 ringstandaards met klemmen
- 5x 600 ml bekers of meer
- 5 maatcilinders van 100 ml
- 5 erlenmeyers van 250 ml
- 5 rubberen stoppers
- 5 glazen buizen
- 5 rubberen slangen
- Gedestilleerd water
- Kraanwater
- Klok/timer
- Vitamine D

- Vitamine B12
- Vijzel met stamper
- Dextrose
- Waterbad

De gebruikte vitaminen B12 en D bij dit experiment waren onderdeel van vitaminetabletten, waarbij de gehele tablet is gebruikt.

In dit onderzoek wordt de aerobe dissimilatie van gistcellen gemeten door gistcellen in een aerobe omgeving te brengen, dat overeenkomt met de dissimilatie in menselijke cellen. Om er zeker van te zijn dat gedurende de gehele proef er voldoende zuurstof aanwezig was, zodat er aerobe dissimilatie optreedt in de gistcellen, wordt er voor en na het experiment de pH-waarde van het mengsel gemeten. Bij onvoldoende zuurstof zal het proces op anaerobe dissimilatie overgaan waarbij de eindproducten koolstofdioxide en het restproduct ethanol voorkomen. Ethanol heeft een lagere pH-waarde ten opzichte van het pH van het mengsel, dat aan het begin van het experiment wordt gemeten. Een verandering van pH-waarde kan zo de overgang van aerobe naar anaerobe dissimilatie aantonen.

Om de mate van aerobe dissimilatie te bepalen, wordt gedurende de proef de verandering van het gasvolume gemeten. Door de productie van CO₂ gedurende de dissimilatie, zal er na bepaalde tijd een verandering in het gasvolume te meten zijn. Alle gebruikte proefopstellingen bevatten dezelfde hoeveelheid gist en voedingsstof dextrose, waardoor een verschil in gasvolume tussen de proefopstellingen aan het einde van het experiment zal duiden op een verschil in de dissimilatiesnelheid en zo een snellere stofwisseling.

Om de dissimilatie te meten, is er in dit onderzoek gebruik gemaakt van een eudiometer. De opstelling is weergegeven in figuur 1. Een eudiometer is een toestel waarmee je de volumeverandering van een gasmengsel kan meten na een fysische of chemische reactie (Chemieleerkracht, 2019). In dit geval gaat het om de vorming van CO₂ door de gistcellen. De CO₂ die gevormd wordt komt terecht in de lucht en zorgt daardoor voor een volumeverandering.

Een eudiometer kan verschillende vormen aannemen, afhankelijk van de gemeten reactie. Meestal is het vergelijkbaar met een maatcilinder die aan de bovenkant gesloten is en aan de onderkant is ondergedompeld in water of kwik (Chemieleerkracht, 2019). Voor dit onderzoek is er gebruik gemaakt van een 100 mL maatcilinder ondergedompeld in water.

Het principe van de eudiometer is dat het ontstane gas bij de reactie via een buis naar de maatcilinder wordt geleid. De vloeistof vangt het gas op in de maatcilinder, waarna het gas naar de bovenkant stijgt. Via de schaalverdeling van de maatcilinder kan het volume gas afgelezen worden (Chemieleerkracht, 2019).

Om het principe van een eudiometer te creëren, is er het volgende gedaan; 5 maatcilinders van 100 mL zijn helemaal gevuld, die daarna, door middel van parafilm over de bovenkant van de cilinders te leggen, op de kop in halfgevolle maatbekers zijn gezet.

Er zijn voor het experiment 5 opstellingen gebruikt:

- Opstelling 1: De proefopstelling, zonder toegevoegde vitaminen
- Opstelling 2: Opstelling met 1 tablet vitamine D van 10

microgram

- Opstelling 3: Opstelling met 2 tabletten vitamine D van 10 microgram
- Opstelling 4: Opstelling met 1 tablet vitamine B12 van 10 microgram
- Opstelling 5: Opstelling met 2 tabletten vitamine B12 van 10 microgram

Met deze opstellingen is het mogelijk om tegelijkertijd het effect van vitamine D als vitamine B12 te meten ten opzichte van de proefopstelling, waarbij ook nog is gekeken naar het verschil tussen 1 of 2 tabletten.

Elke opstelling bestaat uit een erlenmeyer met een suspensie van 2,5 gram gist en 95 mL gedestilleerd water waarbij per opstelling de eventuele vitaminetabletten zijn toegevoegd. Deze erlenmeyers worden verwarmd tot een temperatuur van 37 graden Celsius door middel van een waterbad, om de lichaamstemperatuur van een mens na te bootsen. Aan deze erlenmeyers wordt vlak voor het begin van het experiment 5 gram dextrose toegevoegd, die dient als standaard energiebron voor de dissimilatie. Zodra de dextrose is toegevoegd begint in principe de dissimilatie. Dit is de reden dat deze als laatste wordt toegevoegd.

De erlenmeyers worden hierna afgesloten met een stop, met daarin een buis die uitkomt in de maatcilinder van de bijbehorende eudiometer. Zodra er gas vrijkomt tijdens de reactie, gaat dit gas via de buis naar maatcilinder, waarna het naar het oppervlak stijgt. Het volume gas dat zich aan de bovenkant van de erlenmeyer ophoopt, wordt steeds met een bepaald tijdsinterval afgelezen.

In eerste instantie werden de erlenmeyers afgelezen met een tijdsinterval van 5 minuten, maar na de eerste uitvoering van het experiment werd al snel duidelijk dat er na 30 minuten bij sommige opstellingen al 100 mL gas was ontstaan, waardoor er niet langer nauwkeurig kon worden gemeten hoeveel gas er nog weer bijkwam. Bij de herhalingen van het experiment is er daarom een tijdsinterval van 2 minuten aangehouden, wat meer nauwkeurige meetgegevens opleverde.

4. Resultaten

De pH-metingen voor en na het experiment tonen aan dat er gedurende de proef geen overgang plaatsvond van aerobe naar anaerobe dissimilatie. Beide metingen met pH-papier lieten een pH-waarde van 4 zien.

In tabel 1 (figuur 2) staan de waarden van de eerste meting, deze zijn verwerkt in grafiek 1 (figuur 3). Bij deze meting werd er gemeten met een tijdsinterval van 5 minuten. Doordat de gebruikte maatbekers maximaal konden worden afgelezen tot een volume van 100 mL, lopen de meetwaarden tot net onder de 100 mL. Na deze 30 minuten bereikte de opstelling met vitamine B12 (2 tabletten) als eerste een waarde boven de 100, waardoor deze niet langer af te lezen was. Dit is het moment dat de meting is gestopt.

Na de eerste meting is het experiment herhaalt. Hierbij is er echter gekozen voor een korter tijdsinterval van 2 minuten met als doel om nauwkeuriger de veranderingen in het gasvolume te kunnen meten. De waarden van deze meting zijn te vinden in tabel 2 (figuur 4), deze zijn verwerkt in grafiek 2 (figuur 5).

5. Conclusie

Aan de hand van de gegevens, die zijn verkregen uit onze experimenten, kan worden geconcludeerd dat de toevoeging van zowel vitamine B12 als vitamine D aan gistcellen invloed

heeft op de metabolisme-activiteit. Deze vitamines blijken voor een toename te zorgen van de snelheid van de dissimilatie en de hoeveelheid ontstane koolstofdioxide. De eindvolumes van de opstellingen laten zien dat er een grotere toename is in gasvolume bij de opstellingen met de toegevoegde vitamines dan bij die van de proefopstelling. Verder tonen de resultaten aan dat de toevoeging van 2 tabletten een groter effect heeft dan 1 tablet. Dit geldt voor zowel vitamine B12 als vitamine D. Welke vitamine echter een grotere invloed heeft, is uit de gegevens niet significant aan te tonen. Voor zowel grafiek 1 als grafiek 2 (figuur 3 en 5) valt af te leiden dat vitamine B12 (2 tabletten) de grootste hoeveelheid ontwikkelde gasvolume laat zien. Bij grafiek 1 komen hierna vitamine B12 (1 tablet) en vitamine D (2 tabletten) aanbod en als laatste vitamine D (1 tablet). Grafiek 2 laat echter een andere volgorde zien, waarbij als eerste vitamine B12 (2 tabletten) aanbod komt, dan vitamine D (1 en 2 tabletten) en als laatste vitamine B12 (1 tablet). Dit verschil komt waarschijnlijk, doordat de waarden van de verschillende vitamines dicht bij elkaar liggen. Om dit verschil duidelijker te maken, zouden er meer experimenten moeten worden uitgevoerd waarbij men langer de waarden meet.

Er is te concluderen dat vitamine B12 en D een toename in de metabolisme-activiteit leveren bij het modelsysteem gistcellen, en zo ook menselijke cellen. Doordat een toename van het metabolisme betekent dat er een snellere dissimilatie optreedt in menselijke cellen, valt hieruit af te leiden dat vitamine B12 en D een bijdrage kunnen leveren bij het afvallen bij mensen. Dit komt overeen met onze gestelde hypothese.

6. Discussie

De gebruikte opstelling zorgde ervoor dat het vrijgekomen gas kon worden afgelezen. Deze opstelling had echter wel een beperking. De gebruikte maatcilinders liepen maar tot 100 mL, een volume boven de 100 mL kon niet meer worden afgelezen. De reactie zelf liep langer door en er ontstond meer gas dan dat er kon worden afgelezen. Hierdoor konden we alleen het eerste halfuur van de reactie meten, en niet de gehele reactie. Daardoor is het moeilijk om een conclusie te trekken over de gehele reactie, want alleen het begin is nauwkeurig gemeten. Als er langer gemeten had kunnen worden, hadden er nog grotere verschillen kunnen ontstaan, of hadden de verschillen in verhouding kleiner kunnen worden.

Ook was de opstelling niet compleet betrouwbaar. Tijdens de tweede uitvoering van het experiment waren er weer 5 opstellingen gebruikt, die op dezelfde manier gemaakt waren als bij de eerste uitvoering. Dit keer werkte de proefopstelling alleen niet. Er kwam voor de duur van de meting vrijwel geen gas vrij in de maatcilinder. Wanneer de erlenmeyer iets werd bewogen, kwam wel opeens een heleboel gas vrij in één keer. Het leek alsof er een opstopping ontstond in de buis, maar het exacte probleem en hoe deze ontstond, was niet precies te achterhalen. Het materiaal, waaronder de buizen, dat was gebruikt bij de tweede meting was hetzelfde als bij de eerste meting. Bij de eerste metingen was er niet sprake van een dergelijk probleem. Hierdoor zouden er vraagtekens kunnen worden geplaatst bij de betrouwbaarheid van het materiaal en de opstelling.

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van vitaminetabletten om aan de stoffen vitamine D en B12 te komen. Het was voor ons niet mogelijk om aan alleen deze actieve stoffen te komen. De vitaminetabletten bevatten daarom een aantal vulstoffen,

die invloed kunnen hebben gehad op onze meetresultaten. Voor vitamine B12 ging het om de vulstoffen, microkristallijne cellulose en dicalciumfosfaat.

Microkristallijne cellulose is verfijnde houtpulp. In feite is het hetzelfde als cellulose, de stof waarvan de celwanden van plantaardige cellen zijn gemaakt, maar deze vorm van cellulose voldoet aan de USP standaard. De gebruikte gistcellen bezitten niet de goede enzymen om cellulose te verteren (Drugs.com, 2022), (Delta (TU Delft), 2005).

Dicalciumfosfaat is een zout, dat tijdens het experiment zal zijn opgelost in calcium en fosfaationen. Het speelt geen rol bij de onderzochte dissimilatie.

Voor vitamine D ging het om de vulstoffen maltodextrine, dextrose monohydraat en aroma.

Maltodextrine en dextrose monohydraat zijn beide koolhydraten. Deze kunnen dus dienen als koolstofbron voor de aerobe dissimilatie. De gebruikte suiker in dit onderzoek was ook dextrose. Dit zou invloed kunnen hebben gehad op het experiment, omdat er dus meer suikers zijn toegevoegd aan die opstellingen. Er werd aan elke opstelling 5 gram dextrose toegevoegd. De toegevoegde hoeveelheid dextrose door maltodextrine is zo minimaal in verhouding met de 5 gram dextrose, dat dit hoogst waarschijnlijk weinig of geen invloed heeft gehad.

Wat beiden vitaminetabletten echter ook bevatten was magnesiumzouten van vetzuren. Er was verder niet gespecificeerd welke vetzuren dit precies waren. Deze zouten bestaan uit magnesiumionen en vetzuren. Vetzuren kunnen in een proces genaamd bèta-oxidatie omgezet worden tot acetyl-CoA. Een co-enzym dat daarna wordt gebruikt bij de citroenzuurcyclus (Fillmore, Alrob, & Lopaschuk). Dit vormt een belangrijk onderdeel van de aerobe dissimilatie en het proces vindt in ieder geval plaats bij mensen, en hoogstwaarschijnlijk ook bij gistcellen. Het zou hierdoor heel goed mogelijk zijn dat dit de resultaten van het experiment heeft beïnvloed. Het is hierdoor moeilijk vast te stellen of het verschil is veroorzaakt door de toevoeging van de vitamines alleen of ook de vetzuren.

De aanleiding voor het onderzoek was dat vitamines invloed kunnen hebben op het metabolisme en op die manier zouden kunnen helpen bij afvallen. Het probleem is dat dit moeilijk te onderzoeken is. Om hiervoor toch een experimenteel onderzoek te creëren, is het concept voor het experiment erg versimpeld. Zo is er in eerste instantie alleen gekeken naar de dissimilatie, terwijl het metabolisme een geheel aan chemische reacties is, waar de dissimilatie onder valt. Ook is er gebruik gemaakt van een modelsysteem, in dit geval gistcellen. Hoewel modelsystemen en gistcellen als modelsysteem vaak worden gebruikt, geeft dit niet een accurate weergave van de werkelijkheid. Een gistcel is een eencellig organisme, een mens niet. Dus door middel van het modelsysteem zouden er uitspraken kunnen worden gedaan over een gistcel, en dat koppelen aan één menselijke cel. Alleen in werkelijkheid bestaat een mens niet alleen uit één menselijke cel, maar een geheel van verschillende soorten cellen. Door de versimpeling van het concept, dat nodig was om een experiment uit te voeren, is het niet geheel mogelijk om uitspraken te doen over de aanleiding van het gehele onderzoek. In dit geval, de rol die vitamines kunnen spelen bij het afvallen bij mensen.

Er valt uiteindelijk te concluderen dat de vitaminepillen B12 en D invloed hebben op de metabolisme-activiteit bij het modelsysteem gistcellen. De toegevoegde vitamines, zowel

vitamine B12 als vitamine D, hebben een hoger eindvolume dan de proefopstelling wat erop duidt dat deze vitaminepillen voor een toename zorgen van de snelheid van de dissimilatie en de hoeveelheid ontstane koolstofdioxide. Daarbij kan er worden afgeleid dat de toevoeging van 2 tabletten van een vitamine B12 of D een groter effect laat zien dat bij 1 tablet. Het blijft echter een veronderstelling of de gegevens van het modelsysteem gistcellen compleet te linken zijn aan menselijke cellen en of dit een directe connectie heeft met afvallen.

7. Bibliografie

Aten, A. (2020, juni 1). Stofwisseling. Opgeroepen op 2022, van Brouw Bier: <https://www.brouw-bier.nl/theorie/grondstoffen/gist/stofwisseling.aspx>

Eudiometer. (2019). Opgeroepen op 2022, van Chemieleerkracht: <http://chemieleerkracht.blackbox.website/index.php/eudiometer-2/>

Fillmore, N., Alrob, O. A., & Lopaschuk, G. D. (sd). Fatty Acid Beta-oxidation. Opgeroepen op 2023, van AOCS lipid library: <https://lipidlibrary.aocs.org/chemistry/physics/animal-lipids/fatty-acid-beta-oxidation>

Gewicht verliezen met deze 5 gezonde afslank supplementen. (2022, mei 23). Opgeroepen op 2022, van Supplementen.nl: <https://www.supplementen.nl/sport-en-lifestyle/gewicht-verliezen-met-supplementen/>

Gist met olifantschimmel maakt brandstof . (2005, februari 17). Opgeroepen op 2023, van Delta (TU Delft): <https://www.delta.tudelft.nl/article/gist-met-olifantschimmel-maakt-biobrandstof>

Kok, S. d. (2014, december 11). Gist als proefkonijn bij medicijnontwikkeling . Opgeroepen op 2022, van Nemo Kennislink: <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/gist-als-proefkonijn-bij-medicijnontwikkeling/>

Langzame stofwisseling? (5 tips). (sd). Opgeroepen op 2022, van Sportcentrum reflex: <https://www.sportcentrumreflex.nl/afvallen/langzame-stofwisseling-5-tips/#:~:text=Trage%20stofwisseling%20versnellen%20%26%20afvallen&text=Als%20je%20een%20snelle%20stofwisseling,om%20optimaal%20af%20te%20vallen.>

Louter, L. (2022). Metabolisme versnellen, kan dat en hoe doe je dat? Opgeroepen op 2022, van Thuis Atleet: <https://www.thuisatleet.nl/gezondheid/metabolisme-versnellen/>

Meer volwassenen met ernstig overgewicht tevreden met gewicht. (2021, augustus 26). Opgeroepen op 2022, van Centraal Bureau voor Statistiek: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/34/meer-volwassenen-met-ernstig-overgewicht-tevreden-met-gewicht>

Metabolisme: zo versnel je je metabolisme | Etos. (sd). Opgeroepen op 2022, van Etos.nl: <https://www.etos.nl/advies/sport/metabolisme/>

Metabolisme: stappen in de stofwisseling. (2003, mei 2). Opgeroepen op 2022, van Eigen kracht: <https://www.eigenkracht.nl/nieuws/item/65/Metabolisme%3A+stappen+in+de+stofwisseling>

Microcrystalline Cellulose. (2022, augustus 29). Opgeroepen op 2023, van Drugs.com: <https://www.drugs.com/inactive/microcrystalline-cellulose-48.html>

Mohammadi, S., Saberidokht, B., Subramaniam, S., & Grama, A. (2015, december 29). Scope and limitations of yeast as a model organism for studying human tissue-specific pathways. Opgeroepen op 2022, van National Library of Medecin:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4696342/>

Observing Cellular respiration in yeast . (2012, december 7). Opgeroepen op 2022, van <https://www.sisd.net/cms/lib/TX01001452/Centricity/Domain/4741/Observing%20Cellular%20Respiration%20in%20Yeast.pdf>

Pfeiffer, T., & Morley, A. (2014, oktober 21). An evolutionary perspective on the Crabtree effect . Opgehaald van Frontiers: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmolb.2014.00017/full>

Saccharomyces Cerevisiae - microbewiki. (sd). Opgeroepen op 2022, van Microbewiki: https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Saccharomyces_cerevisiae#Cell_structure_and_metabolism

Smit, R. (2018). Stofwisseling.JasperOut.nl. Opgeroepen op 2022, van Docplayer: <https://docplayer.nl/60473703-1-stofwisseling-jasperout-nl.html>

Symptomen & gevolgen van obesitas. (2019). Opgeroepen op 2022, van Novarum: <https://novarum.nl/eetproblemen/obesitas/symptomen-gevolgen-van-obesitas/>

The citric acid cycle | cellular respiration. (sd). Opgeroepen op 2022, van Khan Academy: <https://www.khanacademy.org/science/biology/cellular-respiration-and-fermentation/pyruvate-oxidation-and-the-citric-acid-cycle/a/the-citric-acid-cycle>

Using yeast in biology. (2021, juli 21). Opgeroepen op 2022, van Your genome: <https://www.yourgenome.org/stories/using-yeast-in-biology/>

Vitamine B: wat is het en waar is het goed voor? - Vitakruid.nl . (sd). Opgeroepen op 2022, van Vitakruid.nl: <https://www.vitakruid.nl/categorieen/vitamine-b>

Vitamine B12 werking en toepassing | Stichting Orthokennis. (2014, februari 1). Opgeroepen op 2022, van Stichting Orthokennis: <https://www.orthokennis.nl/artikelen/vitamine-b12-werking-en-toepassing>

Vitamine B12: injectie of tabletten? (sd). Opgeroepen op 2022, van B12.nl: <https://www.b12.nl/informatie/vitamine-b12-injectie-of-tabletten>

Vitamine B-complex (algemeen) | Natura foundation. (sd). Opgeroepen op 2022, van Natura foundation: <https://www.naturafoundation.nl/kenniscentrum/monografie/37/vitamine-b-complex-algemeen>

Vitamine D | Stichting Orthokennis. (sd). Opgeroepen op 2022, van Stichting Orthokennis: <https://www.orthokennis.nl/nutrienten/vitamine%20D>

Vitamine D: hoeveel heb je nodig? (+ symptomen tekort) . (2022). Opgeroepen op 2022, van Zorgwijzer: <https://www.zorgwijzer.nl/zorgwijzers/vitamine-d>

Vitamine D3 STADA . (sd). Opgeroepen op 2022, van Geneesmiddeleninformatiebank : <https://www.geneesmiddeleninformatiebank.nl/bijsluiters/h119114.pdf>

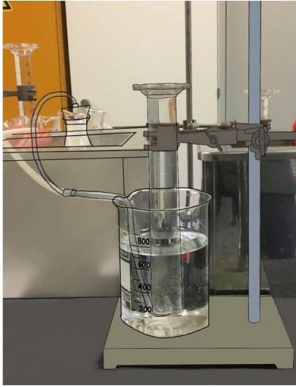
Vujist. (2022). Snellere stofwisseling. Opgeroepen op 2022, van Dietcetera: <https://www.dietcetera.nl/afvallen/snellere-stofwisseling/>

Wat is stofwisseling? (sd). Opgeroepen op 2022, van Radboudumc: <https://www.radboudumc.nl/patientenzorg/aandoeningen/mitochondriale-aandoeningen/meer-informatie-over-mitochondriale-aandoeningen/stofwisseling/wat-is-stofwisseling>

What is yeast? (2022). Opgeroepen op 2022, van Singer Instruments: <https://www.singerinstruments.com/resource/what-is-yeast/>

Zheng, Y., Ma, A.-G., Zheng, M.-C., Wang, Q.-Z.,

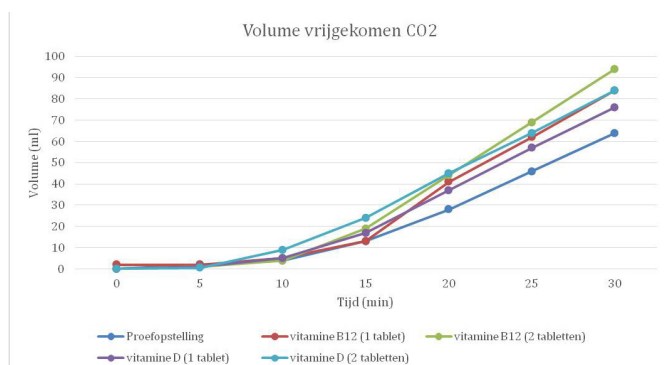
Liang, H., Han, X.-X., & Schouten, E. G. (2018, maart 15). B Vitamins Can Reduce Body Weight Gain by Increasing Metabolism-related Enzyme Activities in Rats Fed on a High-Fat Diet . Opgeroepen op 2022, van National Library of Medecine: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30074168/>



Figuur 1, proefopstelling van experiment.

Tijd (s)	Volume gas (ml)				
Proefopstelling	vitamine B12 (1 tablet)	vitamine B12 (2 tabletten)	vitamine D (1 tablet)	vitamine D (2 tabletten)	
0	0	2	0	0	0
5	2	2	1	1	0,5
10	4	5	4	5	9
15	13	13	19	17	24
20	28	41	44	37	45
25	46	62	69	57	64
30	64	84	94	76	84

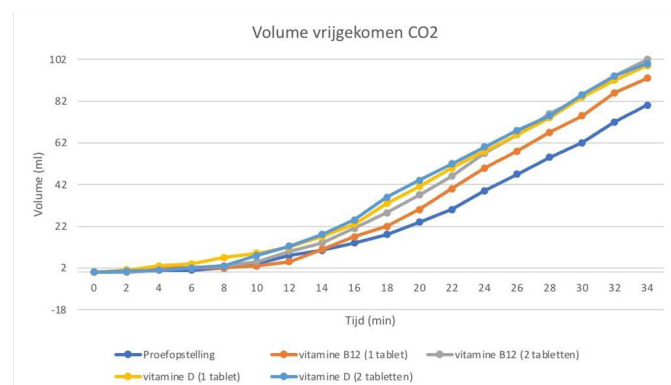
Figuur 2, tabel 1: meting van gasvolume met tijdsinterval van 5 minuten.



Figuur 3, grafiek 1: volume vrijgekomen CO2 volgens tabel 1.

Tijd (s)	Volume gas (ml)				
Proefopstelling	vitamine B12 (1 tablet)	vitamine B12 (2 tabletten)	vitamine D (1 tablet)	vitamine D (2 tabletten)	
0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	1	0,5
4	1	2	1	3	1
6	1	2	2	4	2
8	2	2	3	7	3
10	4	3	5	9	8
12	8	5	10	12	12,5
14	10,5	11	14	17	18
16	14	17	21	23	25
18	18	22	28,5	33	36
20	24	30	37	41	44
22	30	40	46	50	52
24	39	50	57	58	60
26	47	58	66	66	68
28	55	67	76	74	75
30	62	75	84	84	85
32	72	86	94	92	94
34	80	93	102	99	100

Figuur 4, tabel 2: meting van gasvolume met tijdsinterval van 2 minuten.



Figuur 5, grafiek 2: volume vrijgekomen CO2 volgens tabel 2.

The change in heart rate (HR) of different sexes when exposed to tranquillizing and exciting music

C.E.Chau¹, P.Han², I.A.A.Ekkelkamp³, A. ten Cate³, G.Bos¹, K.Krabbe¹, L.Holsbeeke³

¹Het Stedelijk Lyceum, College Zuid, Enschede

²Bonhoeffer College, Van der Waalslaan, Enschede

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - De doelstelling van dit onderzoek is om te kijken of er verschil is in de hartslagrespons van biologische mannen en vrouwen tijdens blootstelling aan muziek. Hierbij worden beide groepen blootgesteld aan zowel kalmerende als opwekkende muziek, om te bepalen of er een significant verschil aanwezig is tussen de reacties van beide groepen. Het onderzoek zal worden uitgevoerd binnen een gecontroleerde omgeving, met als doel om inzicht te verkrijgen in de mogelijke invloed van biologische sekse op de reactie op muziek. De vindingen van het experiment duiden dat het inderdaad een rol speelt hierin, en dat de mannen en vrouwen anders reageerden op de opwekkende en kalmerende muziekstukken die gekozen waren. Mannen ervoeren een toename van 4.8 ± 1.3 beats per minute (BPM) ($p=0,000104$) bij blootstelling aan opwekkende muziek en een afname van 3.3 ± 1.8 BPM ($p=0,006342$) bij de kalmerende muziek. Ondertussen ervoeren vrouwen een toename bij blootstelling aan beide; 2.9 ± 1.7 BPM ($p=0,012617$) bij blootstelling aan opwekkende muziek en 2.9 ± 1.9 BPM ($p=0,019676$) bij kalmerende muziek. Of dit verschil voorkomt tussen het spectrum van gender of biologische sekse en of het veroorzaakt wordt dankzij een verschil in wat ze beschouwen als kalmerend of opwekkend is niet bekend.

1. Introduction

Does biological sex influence the heart rate's (HR) response to music? Extensive research has been done on the complex relationship the cardiovascular system and music, finding that music does indeed influence the HR. (Trappe & Voit, 2016) (Ayush Agrawal et al., 2013)(Tan et al., 2015)(Koelsch & Jancke, 2015)(Mir et al., 2021) However, some studies also point out a difference in this response between men and women (Ayush Agrawal et al., 2013; W.-C. Wang, 2014). Men and women differ in physical build, which includes the heart (st. Pierre et al., 2022). Despite this, most studies do not take this difference into account. While music is the foundation of music therapy, applications are currently utilized for the general public regardless of gender or sex. However, if there is a significant difference in the effect that music has on the HR between men and women, one should consider this to improve the use of music within the medical field. Further insight into music's influence on HR would open doors to possible advantages that could be used for both personal and professional use, as the utilization of music is beneficial in a vast array of situations (Biagini et al., 2012; Mir et al., 2021; Terry et al., 2019). Music therapy is widely recognized as a valuable therapeutic tool that is accessible in many settings, such as hospitals, schools, and mental health centers. It is versatile and can be effective for individuals of all ages and backgrounds. Further research may provide deeper insights into its benefits and guide future developments, making it an even more powerful tool for helping individuals achieve specific goals. Not only this, but research on music as a cultural phenomenon can be very helpful to understand certain evolutionary traits, as well as power dynamics and cultural differences within the spectrum of gender and sex.

2. Theory

Many factors, including those that are practically impossible to account for, can cause changes in the cardiac rhythm. The goal should be to find if there is a contrast between the effect that music has on the cardiac rhythm of females and males. As such, precautions used in the experiment should prevent external stimuli from affecting the cardiac rhythm as much as

possible.

2.1 Selection of participants

Physical changes stop when one stops growing, also called peak height velocity (PHV). To select a consistent group, age and the presence of psychiatric disorders should be taken into account. At PHV a child has reached 92% of their adult stature, but the duration of puberty tends to vary. After the age of 17 most physical changes will have already occurred, and the dimensions of the heart will have reached its adult size. (Soliman et al., 2014) Psychiatric diseases can influence the HR and heart rate variability (HRV) of both females and males (Jung et al., 2019; Latvala et al., 2016). While findings regarding HRV and HR change in patients with psychiatric disorders have not been consistent and depend on the severity of psychotic symptoms or use of medication, it should not be neglected in the selection process of participants.

2.2 Intake of calories

Ingestion of calories activates the digestive system causing the heart to pump at a higher BPM. Consumption of a meal will cause a 4.4 ± 2.5 change in the HR in BPM (Sauder et al., 2012). Two hours after consumption of a meal, the HR will return to its original resting rate. (Gårdinger et al., 2017; Waaler et al., 1991).

2.3 Nervousness and white coat syndrome

When examined by a healthcare professional, the HR has a possibility of rising above the resting HR whether in or outside of an office environment. Research has shown that on average, the measured HR in consultation with the presence of a physician in a hospital was higher than measurements the patients took at home by themselves (Lequeux et al., 2018). The blood pressure (BP) measured by a healthcare professional in an office setting or the out office-setting shows a considerable elevation in both systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP), 20 mmHg for SBP and >10 mmHg for DBP (Pioli et al., 2018). Elevated SBP and DBP can cause an elevation in HR in both sexes (Struthers et al., 1983). While this experiment is not carried out by a healthcare professional;

there is still a risk of an elevation in HR as both the HR and BP could elevate due to being in an unknown environment (Pioli et al., 2018).

2.4 Emotions

Emotions have diverse effects on autonomic nervous function illustrated by symptoms such as palpitations and hyperventilation (Cheng et al., 2022). Emotional processes result in changes in HR and HRV (Wu et al., 2019).

2.5 Caffeine

Caffeine contains epinephrine, also known as adrenaline. Adrenaline causes an increase in HR, causing it to be accelerated on average with 17 BPM with an initial peak frequency of 25 BPM above resting values after adrenaline infusion within the first 4 minutes (Kral et al., 1969; Research, 2001). Not only does adrenaline accelerate the HR, but it also elevates the BP on average. Caffeine causes an acute elevation in both SBP and DBP (Green et al., 1996). The caffeine-induced increase in BP will increase stress-induced BP elevations (Green et al., 1996). Elevation in BP could cause an elevation in HR, which poses a problem to the experiment (Christofaro et al., 2017). According to (Whitsett et al., 1984), heavy smokers and heavy caffeine users have a shorter half-life than nonsmokers and nonusers. The half-life of caffeine in nonsmokers and nonusers is on average 5.2 hours. In healthy non-smokers, the caffeine's half-life is 4 to 6 hours (Grant et al., 2018)(Avram et al., 2019). However, the half-life of caffeine may range between 1.5 hours and 9.5 hours.

2.6 Medication

Some of the female participants may be using oral contraceptives. Multiple studies show that the use of OCP does not affect HR during use in healthy women. No significant difference for HR ($p > 0.05$) was obtained (Leigh & Marsh, 2019; Teixeira et al., 2015). Thus, the use of OCP seems to have little to no effect on the resting HR of the female participants.

2.7 Idle activity

Individuals forced to sit still for extended periods of time have a possibility of becoming bored. Boredom can cause a higher HR and an increase in cortisol levels (Bench & Lench, 2013; Merrifield & Danckert, 2014), so an idle activity has been implemented for both the testing group and control group (CG) to participate in. The idle activity should not have any effect on the resting HR. Research has shown that the HR measured while making a mandala, pre-drawn image, and free draw did not contrast with the HR when doing nothing for 15 minutes (Yzquierdo, 2019).

2.8 Classification of music

Research has consistently shown that certain musical cues are able to provoke certain emotions and sensations. Sadness has been associated with slower tempo, while happy music is associated with faster ones. The mode (major or minor) plays a role in this as well. The greatest indicators for sadness are a minor mode and a slow tempo, for peacefulness they are a slow tempo as well with very little difference between minor and major (Wang, 2014). Meanwhile, happiness is associated with a faster tempo (Eerola et al., 2013). Different research also shows that a high pitch, large pitch range, and fast tempo are able to incite excitement, happiness, and fear, while music

with a low pitch, narrow pitch range, and slow rhythm are able to induce sadness and peace (T. Wang, 2015).

2.9 Time of day

The measurements taken from the participants are divided as much as possible over the day. HR varies over the day, with the lowest measured between midnight and 05:00 and the highest between 05:00 and 17:00 (Merrifield & Danckert, 2014).

3. Material and method

3.1 Selection of music

According to the research shown in the previous section, we have selected music that contains the characteristics needed to induce the emotions needed for this experiment. The songs chosen to be used for the experiment are:

1. West, K (2013). Black Skinhead, Yeezus
Track length: 3:10
Key: C# Major
2. Deftones (2013). Swerve City, Koi No Yokan
Track length: 2:45
Key: B_{flat} Major
3. Tyler, the Creator (2021). LEMONHEAD, Call Me If You Get Lost
Track length: 2:10
Key: C# Major
4. Cigarettes After Sex (2017). Sunsetz, Cigarettes After Sex
Track length: 3:35
Key: A Minor
5. Cigarettes After Sex (2019). Cry, Cry
Track length: 4:17
Key: G Major

The first three songs all include a fast, upbeat tempo with a wide pitch range. This creates excitement. The latter two have a slow tempo, with a narrower pitch range and a general lower pitch, which should produce a calming and peaceful effect on the listeners. The montage used in the experiment consists of 3 fragments. The first fragment has song one, two and three fully played after each other. This accumulates to a total of 8 minutes and 5 seconds. The second fragment consists of a 5-minute-long break for the purpose of lowering the HR of the test participant. The last fragment has songs 4 and 5 played respectively after each other. These songs take up a total of 7 minutes and 52 seconds. Overall, the duration of the montage used in this experiment is 20 minutes and 57 seconds. The exciting and peaceful fragments of the montage have been selected to be approximately the same length.

3.2 Selection of participants

As the heart-rate variability might fluctuate according to the heart's development and for a small difference in HRV, the specific age range of females and males born in 2004-2006 have been chosen to partake in the experiment. Since oral contraception had no significant effect on the HR of females, it should not matter whether they are part of the test group (TG) or the CG. In case it is shown differently, the two participants that have taken oral contraceptives were divided randomly between the test and the CG. Since psychiatric disease has an influence on HR, people who checked in the box regarding mental illness that they're feeling unwell or are currently diagnosed with a psychiatric disorder have been thanked for filling in the form but were not allowed to partake in the experiment. In total 9 men and 8 women have been chosen to be part of the TG,

where only one was taking oral contraceptives.

3.3 Rules

As there are a plethora of possible variables as covered in the theory section, a number of measures have been put in place in order to neutralize these as much as possible. Both test subjects and participants in the CG are informed of these well before the test takes place. On the day of testing, both groups must sign a form in which they confirm that they did indeed follow these rules and are not allowed to be tested if not. The form states that they have not consumed calories at least an hour before the test, that they feel well and are not currently dealing with something capable of provoking an emotional response, and that they have not consumed caffeine in any form for at least 11 hours before their appointment. These appointments were also selected to be between 12:00 and 17:00 as to ensure equality of circumstances.

3.4 CG

In this experiment a CG will be utilized. There will be two CGs; females and males have their own. These CGs will be seated in the same environment and given with the same equipment as the TG. Neither groups know the goal of the experiment nor whether they are part of the TG or the CG. Neither parties will disclose any information about the experiment to anyone after measuring. 9 women and 8 men have been chosen to partake within the CG. Deviation within the control group should indicate a fault within our controlled environment, or an insufficient sample size.

3.5 Idle activity

For this experiment, word finders were used, made with a random word generator. The participants will have seven different word finders to finish at their own pace at their own will. The purpose of these word finders and the purpose of the experiment is not shared. Making the word finders should affect their HR minimally, as they have also been requested to rest and not to overexert themselves.

3.6 Set-up

Two rooms are used for the experiment. Room 1 (R1) will fill the purpose as a general waiting room. In room 2 (R2) the experiment will take place. Both rooms are mandatory to be as simple and non-distracting as possible. The waiting room will have chairs for the participants to rest and a table to fill out the consent form. In order to combat nervousness and white coat syndrome, the researcher accompanying the patient in the waiting room creates a relaxed environment and casually converses with the participant, while also reassuring the participant that they are safe and there is no form of danger within the experiment. Participants rest for 15 minutes in R1 to fill a consent form and get their HR back to their resting levels. In these 15 minutes they will be informed of the material used to take the measurements. The division of CG and TG have been decided beforehand. The only difference between the instructions given to the TG and CG is that the TG gets informed music will be played, while CG gets informed that the headphones are for noise canceling. After 5 minutes, a montage will be played for the TG while the CG will not have anything played. As the other person is getting measured in R2, the following participant will rest for 15 minutes in R1 to fill in a consent form and stabilize their HR. When the subject

is done, they are guided back to the exit to ensure minimal interaction with the person next in line.

3.7 Material

In this experiment, the polar H10, a chest strap manufactured by Polar Electro Oy designed to measure HR for sports, is used to measure any changes in HR. The polar H10 detects RR intervals within an accuracy of 2ms. Its total accuracy is about 92.9 % in running, 99.3 % in cycling, 95.3 % in weight training, 95.6 % in all activities combined (Polar H10 HR Sensor System, 2019). The polar H10 is able to measure as accurate as a hospital grade ECG (Delgado- Gonzalo et al., 2015).

4. Results

Thirty-four subjects (17 men and 17 women) aged 16 to 18 participated in the study. Two of the 17 females were taking oral contraceptives. In order to ensure that the measurements are statistically significant, two-tailed p-values have been calculated for each group using the software provided by Microsoft Excel. During the test, the male subjects' HR sped up significantly during the exciting songs, with an increase of approximately 4.8 ± 1.3 BPM ($p=0,000104$). Meanwhile, the female subjects had a similar albeit less significant change in HR, with an increase of approximately 2.9 ± 1.7 BPM ($p=0,012617$). Both responses seem relatively similar. However, these responses diverge more when listening to the tranquilizing music. While male subjects experienced a decrease in HR of approximately 3.3 ± 1.8 BPM ($p=0,006342$), which was the expected result, female patients experienced an increase of 2.9 ± 1.9 BPM ($p=0,019676$).

Both CGs showed very little change in HR during the time of the experiment, with the small changes that did occur, (up to 0.12BPM in the total average) being proven insignificant with p-values ranging from 0.657994 to 0.95552.

The p-values calculated from the testing groups show that the chance of these results occurring under the null hypothesis, meaning that their heart rates would not vary when exposed to music, are between 0.01% and 0.6% for the male group, and between 1% and 2% for the female group.

As these p-values are all far below 0.05, meaning that there is a 5% chance of occurrence under the null hypothesis, these results are statistically significant.

5. Conclusion

The results shown suggest that the heart's response to music does indeed tend to differ between men and women. With women seemingly not having as large of an increase in HR when exposed to exciting music as men, and there being a larger difference in the way they respond to the selected tranquilizing music. As women seem to respond with an increase in HR, whilst men respond with a decrease. Whether this applies to all tranquilizing music and the exact cause of this change is not sure and cannot be proven with this test, and further testing is needed to confirm this. Music has been employed in various medical settings as a therapeutic tool, with one such application being the reduction of heart rate among hospital patients. However, results indicate that the type of music utilized can significantly impact its effectiveness depending on the sex, as it has been found to sometimes elicit an opposite effect on heart rate. This highlights the importance of carefully selecting the appropriate music in such therapeutic settings. These findings could also influence many other industries,

including sports and entertainment, for example.

6. Discussion

The difference in the way that men and women respond to music can be due to a multitude of reasons. It's not possible to determine just from this experiment whether men and women simply tend to respond to tranquilizing and exciting music differently, or whether what they tend to consider tranquilizing music differs. The effect of tranquilizing and exciting music on stress reduction, for example, can differ depending on music preference (Jiang et al., 2013), so it may mean that women simply tend to have different preferences when it comes to music. The findings and methods in this experiment have been, though similar, also slightly differing from previous research, in that an emphasis has been placed on differences between gender and sex. Although previous experiments have alluded to the possibility of a difference between the response of men and women, no sufficient research has been done before to properly identify the nature of this phenomenon. Women and men responding to certain kinds of music in different ways may have significant implications down the line. As masculinity and femininity are becoming a more controversial topic, researching key differences between these two aspects may provide more clarity on their origins and meanings.

This test was conducted only with subjects who identified as their biological sex, so it is not yet possible to know whether this difference occurs only because of the generally differing hormonal balances between biological men and women, or whether it occurs according to the spectrum of gender and the differing social and cultural values across it. Further research is necessary to determine the exact cause and the exact groups in which these differences occur.

If there is an inherent difference between the way that biological men and women or perhaps people across the spectrum of gender process music, what does that say about evolutionary traits or the way that they tend to process certain emotions? And what does it say about certain cultural differences and dynamics between masculinity and femininity and their origins? Depending on the exact cause of this phenomenon, its implications may mean that, for example, the roles which men and women are nurtured into from a young age plays a strong role in the way that they process music, or perhaps emotions themselves. Perhaps processing music a certain way is indicative of a strong sense of masculinity, or inversely, processing it in the opposite way is indicative of femininity. It could also mean that there is an inherent physiological difference in the way that men and women process things such as music, which may mean that certain circumstances made these evolutionary traits beneficial. Finding this cause may help us define the bounds and characteristics of masculinity and femininity in order to uncover more about their meanings and origins.

Regardless of the cause, this phenomenon could also be utilized in order to create more personalized and better therapy by lowering heart rate to calm a patient, or perhaps for coaches to boost their athlete's performance by elevating their heart rate. Music is already used in a wide array of practices, and further research on how music interacts with human bodies could lead the way to even more and better applications.

Although the calculated p-values and confidence intervals are quite low, the process of this experiment itself may not have been air-tight. Literature on the use of caffeine suggests an

elevation in HR after the half-life of caffeine, but inconsistent results can be found relating to the habitual use of caffeine and its effect on the HR (Green et al., 1996). Thus, a lack of caffeine intake in a habitual consumer might not return their HR to regular rates as this would in a regular person. This sudden cease in consumption of caffeine might also cause negative physical, cognitive and emotional side effects (Juliano et al., 2012). Blood plasma levels of caffeine may also increase over time, constituting a risk of caffeine plateauing. This can prolong the half-life of caffeine and thus the effect that the consumption of caffeine has on the participants HR (Grant et al., 2018).

Regarding the method itself, there is the possibility that participants might experience stress or nervousness over the lack of instructions given (Ackerman et al., 2014). Aside from being requested not to use their phones or stand up, participants were free to choose what to do. In order to prevent boredom, word finders had been created so that the patients would have something to do or complete if they wanted to. However, whether this word finder would have any effect on the HR was not known at the time, and this measure was taken with the assumption that it would not. Not only that, but the moments they start or stop the word finder could occur at any time and could also have a possibility of creating an inconsistent HR within both the testand CG. Keeping track of the time the participants started the word finder was not possible, because nobody else was permitted to be within the test room. Nevertheless, the CG showed to have consistent resting HR, and as such the word finders appear to have very little to no effect on the HR.

However, this was somewhat of a lucky guess, and a larger sample size or perhaps better preparation and a modified plan could prevent this in any future research. For example, requesting patients not to consume any calories 2 hours in advance instead of one, and also preparing slightly different groups in order to test whether the difference lies in how the subjects identify themselves or whether it is in their biological sex. One could then also test whether the difference in HR occurs because these two groups experience tranquilizing music differently or whether they consider different kinds of music tranquilizing.

The selection of music itself might also have made a bit of a difference. Music from artists that were popular were chosen in order to appeal to as many people as possible, however, this might have also affected the test negatively, perhaps because some patients may have already listened to the music before or gotten bored of it.

A change in environment also had to take place while conducting the experiment due to technical difficulties. Nonetheless, the CG remained consistent, and the number of subjects tested in the first location was quite small. As such, the experiment was hopefully affected as little as possible by this. The male group that was tested in the first environment showed an increase of approximately 6BPM and a decrease of 5BPM when exposed to exciting and tranquilizing music, while the male group that was tested in the second environment only had a respective increase of 4BPM and a decrease of 2.5BPM. While it does appear that the group in the first environment showed more change, that could also be because it is a much smaller group, and as such more prone to see larger amounts of deviation. The male group tested within the first environment showed results very similar to many of the subjects tested within the second

environment. However, some other subjects within the second environment showed much less change, causing the average change in heart rate to be less for the entire group. A subject showing this little change was not present within the first testing environment, so their average is higher and more indicative of the subjects who experienced more change. Because within the first environment the male and female groups consist of only 3 and 1 participants respectively, it is not possible to accurately determine whether this change in environment had an effect or not.

7. Bibliography

- Ackerman, D. S., Gross, B. L., & Sawhney Celly, K. (2014). Having Many Choice Options Seems Like a Great Idea, But . . . [Http://Dx.Doi.Org/10.1177/0273475314522038](http://Dx.Doi.Org/10.1177/0273475314522038), 36(3), 221–232. <https://doi.org/10.1177/0273475314522038>
- Avram, R., Tison, G. H., Aschbacher, K., Kuhar, P., Vittinghoff, E., Butzner, M., Runge, R., Wu, N., Pletcher, M. J., Marcus, G. M., & Olgin, J. (2019). Real-world heart rate norms in the Health eHeart study. *NPJ Digital Medicine*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/S41746-019-0134-9>
- Ayush Agrawal, Neil Makhijani, & Penny Valentini. (2013). The effect of music on heart rate. <https://emerginginvestigators.org/articles/the-effect-of-music-on-heart-rate/pdf>
- Bench, S. W., & Lench, H. C. (2013). On the Function of Boredom. *Behavioral Sciences*, 3(3), 459. <https://doi.org/10.3390/BS3030459>
- Biagini, M. S., Brown, L. E., Coburn, J. W., Judelson, D. A., Statler, T. A., Bottaro, M., Tran, T. T., & Longo, N. A. (2012). Effects of self-selected music on strength, explosiveness, and mood. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 1934–1938. <https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E318237E7B3>
- Cheng, Y. C., Su, M. I., Liu, C. W., Huang, Y. C., & Huang, W. L. (2022). Heart rate variability in patients with anxiety disorders: A systematic review and meta-analysis. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 76(7), 292–302. <https://doi.org/10.1111/PCN.13356>
- Christofaro, D. G. D., Casonatto, J., Vanderlei, L. C. M., Cucato, G. G., & Dias, R. M. R. (2017). Relationship between Resting Heart Rate, Blood Pressure and Pulse Pressure in Adolescents. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 108(5), 405. <https://doi.org/10.5935/ABC.20170050>
- Delgado-Gonzalo, R., Parak, J., Tarniceriu, A., Renevey, P., Bertschi, M., & Korhonen, I. (2015). Evaluation of accuracy and reliability of PulseOn optical heart rate monitoring device. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS, 2015-November*, 430–433. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7318391>
- Eerola, T., Friberg, A., & Bresin, R. (2013). Emotional expression in music: Contribution, linearity, and additivity of primary musical cues. *Frontiers in Psychology*, 4(JUL). <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2013.00487/ABSTRACT>
- Gårdinger, Y., Dieden, A., Hlebowicz, J., Björgell, O., & Dencker, M. (2017). Effect of food intake on myocardial performance index. *Cardiovascular Ultrasound*, 15(1), 1–5. <https://doi.org/10.1186/S12947-017-0101-Z/TABLES/2>
- Grant, S. S., Magruder, K. P., & Friedman, B. H. (2018). Controlling for caffeine in cardiovascular research: A critical review. *International Journal of Psychophysiology*, 133, 193–201. <https://doi.org/10.1016/J.IJPSYCHO.2018.07.001>
- Green, P. J., Kirby, R., & Suls, J. (1996). The effects of caffeine on blood pressure and heart rate: A review. *Annals of Behavioral Medicine*, 18(3), 201–216. <https://doi.org/10.1007/BF02883398/METRICS>
- Jiang, J., Zhou, L., Rickson, D., & Jiang, C. (2013). The effects of sedative and stimulative music on stress reduction depend on music preference. *The Arts in Psychotherapy*, 40(2), 201–205. <https://doi.org/10.1016/J.AIP.2013.02.002>
- Juliano, L. M., Evatt, D. P., Richards, B. D., & Griffiths, R. R. (2012). Characterization of Individuals Seeking Treatment for Caffeine Dependence. *Psychology of Addictive Behaviors : Journal of the Society of Psychologists in Addictive Behaviors*, 26(4), 948. <https://doi.org/10.1037/A0027246>
- Jung, W., Jang, K. I., & Lee, S. H. (2019). Heart and Brain Interaction of Psychiatric Illness: A Review Focused on Heart Rate Variability, Cognitive Function, and Quantitative Electroencephalography. *Clinical Psychopharmacology and Neuroscience*, 17(4), 459. <https://doi.org/10.9758/CPN.2019.17.4.459>
- Koelsch, S., & Jancke, L. (2015). Music and the heart. *European Heart Journal*, 36(44), 3043–3049. <https://doi.org/10.1093/EURHEARTJ/EHV430>
- Kral, J. G., Åblad, B., Björntorp, P., Ek, L., & Johnsson, G. (1969). Metabolic and cardiovascular effects of adrenaline and alprenolol (Aptin®) in human subjects. *Pharmacologia Clinica*, 2(1), 40–45. <https://doi.org/10.1007/BF00404185/METRICS>
- Latvala, A., Kuja-Halkola, R., Rück, C., D’Onofrio, B. M., Jernberg, T., Almqvist, C., Mataix-Cols, D., Larsson, H., & Lichtenstein, P. (2016). Association of Resting Heart Rate and Blood Pressure in Late Adolescence With Subsequent Mental Disorders: A Longitudinal Population Study of More Than 1 Million Men in Sweden. *JAMA Psychiatry*, 73(12), 1268–1275. <https://doi.org/10.1001/JAMAPSYCHIATRY.2016.2717>
- Leigh, S., & Marsh, M. (2019). The Effect of Combination Birth Control Pills on Heart Rate, Blood Pressure, Body Weight and Body Temperature. *Journal of the South Carolina Academy of Science*, 17(2). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011054.pub2>
- Lequeux, B., Uzan, C., & Rehman, M. B. (2018). Does resting heart rate measured by the physician reflect the patient’s true resting heart rate? White-coat heart rate. *Indian Heart Journal*, 70(1), 93–98. <https://doi.org/10.1016/J.IHJ.2017.07.015>
- Merrifield, C., & Danckert, J. (2014). Characterizing the psychophysiological signature of boredom. *Experimental Brain Research*, 232(2), 481–491. <https://doi.org/10.1007/S00221-013-3755-2>
- Mir, I. A., Chowdhury, M., Islam, R. M., Ling, G. Y., Chowdhury, A. A. B. M., Hasan, Z. M., & Higashi, Y. (2021). Relaxing music reduces blood pressure and heart rate among prehypertensive young adults: A randomized control trial. *The Journal of Clinical Hypertension*, 23(2), 317. <https://doi.org/10.1111/JCH.14126>
- Pioli, M. R., Ritter, A. M. V., de Faria, A. P., & Modolo, R. (2018). White coat syndrome and its variations: differences and clinical impact. *Integrated Blood Pressure Control*, 11, 73–79. <https://doi.org/10.2147/IBPC.S152761>
- Polar H10 Heart Rate Sensor System. (2019). www.polar.com

Prabhavathi, K., Tamarai Selvi, K., Poornima, K. N., & Sarvanan, A. (2014). Role of Biological Sex in Normal Cardiac Function and in its Disease Outcome – A Review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research : JCDR*, 8(8), BE01. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/9635.4771>

Research, I. of M. (US) C. on M. N. (2001). *Caffeine for the Sustainment of Mental Task Performance: Formulations for Military Operations*. (Institute of Medicine, Ed.). National Academies Press (US). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK223808/>

Saleem, S., Hussain, M., Majeed, S., & Khan, M. (2012). *JPMA - Journal Of Pakistan Medical Association*. JPMA, 62(5). https://jpma.org.pk/article-details/3389?article_id=3389

Sauder, K. A., Johnston, E. R., Skulas-Ray, A. C., Campbell, T. S., & West, S. G. (2012). Effect of meal content on heart rate variability and cardiovascular reactivity to mental stress. *Psychophysiology*, 49(4), 470. <https://doi.org/10.1111/J.1469-8986.2011.01335.X>

st. Pierre, S. R., Peirlinck, M., & Kuhl, E. (2022). Sex Matters: A Comprehensive Comparison of Female and Male Hearts. *Frontiers in Physiology*, 13, 303. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2022.831179/BIBTEX>

Struthers, A. D., Reid, J. L., Whitesmith, R., & Rodger, J. C. (1983). Effect of intravenous adrenaline on electrocardiogram, blood pressure, and serum potassium. *British Heart Journal*, 49(1), 90. <https://doi.org/10.1136/HRT.49.1.90>

Tan, Y. Z., Ozdemir, S., Temiz, A., & Celik, F. (2015). The effect of relaxing music on heart rate and heart rate variability during ECG GATED-myocardial perfusion scintigraphy. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 21(2), 137–140. <https://doi.org/10.1016/J.CTCP.2014.12.003>

Teixeira, A. L., Ramos, P. S., Vianna, L. C., & Ricardo, D. R. (2015). Heart rate variability across the menstrual cycle in young women taking oral contraceptives. *Psychophysiology*, 52(11), 1451–1455. <https://doi.org/10.1111/PSYP.12510>

Terry, P. C., Karageorghis, C. I., Curran, M. L., Martin, O. v., & Parsons-Smith, R. L. (2019). Effects of music in exercise and sport: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 146(2), 91. <https://doi.org/10.1037/BUL0000216>

Trappe, H. J., & Voit, G. (2016). The Cardiovascular Effect of Musical Genres: A Randomized Controlled Study on the Effect of Compositions by W. A. Mozart, J. Strauss, and ABBA. *Deutsches Ärzteblatt International*, 113(20), 347. <https://doi.org/10.3238/ARZTEBL.2016.0347>

Waler, B. A., Eriksen, M., & Toska, K. (1991). The effect of meal size on postprandial increase in cardiac output. *Acta Physiologica Scandinavica*, 142(1), 33–39. <https://doi.org/10.1111/J.1748-1716.1991.TB09125.X>

Wang, T. (2015). A hypothesis on the biological origins and social evolution of music and dance. *Frontiers in Neuroscience*, 9(FEB). <https://doi.org/10.3389/FNINS.2015.00030>

Wang, W.-C. (2014). A study of the type and characteristics of relaxing music for college students. Citation: *Proc. Mtgs. Acoust*, 21, 35001. <https://doi.org/10.1121/1.4902001>

Whitsett, T. L., Manion, C. v., & Christensen, H. D. (1984). Cardiovascular effects of coffee and caffeine. *The American Journal of Cardiology*, 53(7), 918–922. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(84\)90525-3](https://doi.org/10.1016/0002-9149(84)90525-3)

Wu, Y., Gu, R., Yang, Q., & Luo, Y. J. (2019). How Do Amusement, Anger and Fear Influence Heart Rate and Heart Rate Variability? *Frontiers in Neuroscience*, 13, 1131. <https://doi.org/10.3389/FNINS.2019.01131/BIBTEX>

Yzquierdo, C. (2019). The physiology of art: the effect of coloring on blood pressure and heart rate as measures of stress.

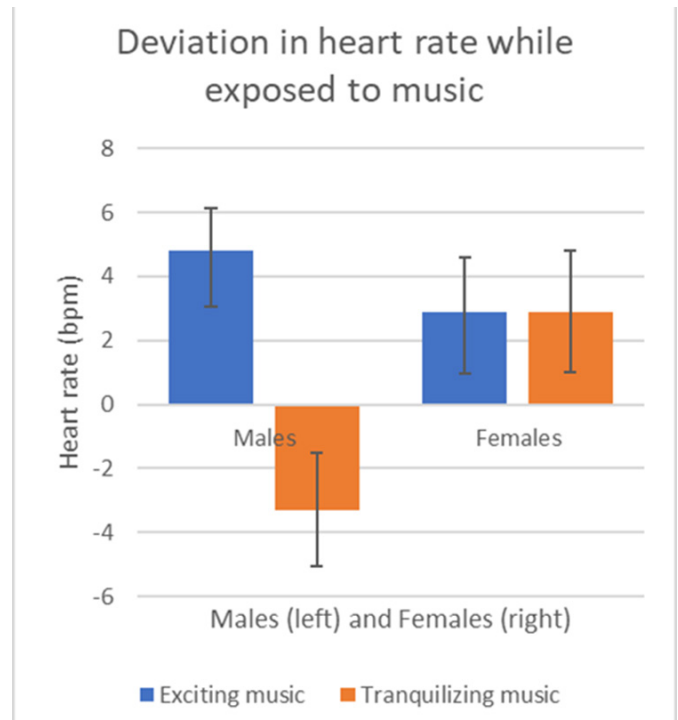


Figure 1, deviation in HR while exposed to music.

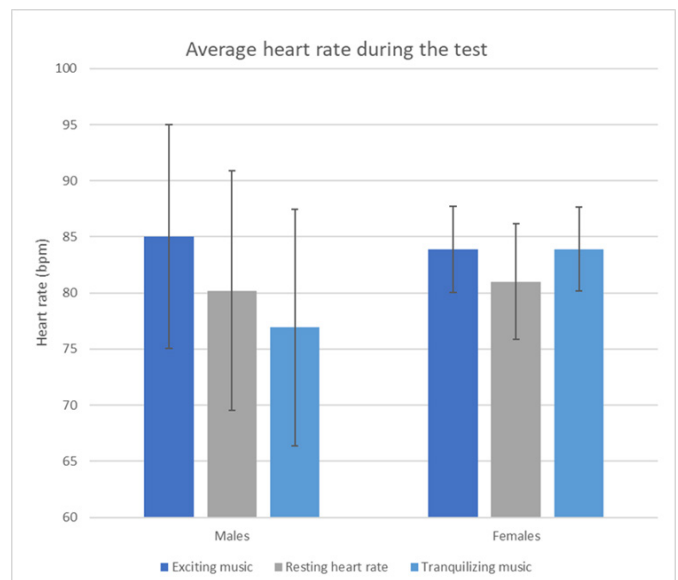


Figure 2, average HR of the test subjects during the test.

Effect van sporten met een laag en hoog energieverbruik op het visueel korte termijn geheugen bij kinderen van 11 jaar

E.D. aan het Rot¹, Q.D. Stoffers², S.C. Berg³, E.M. Meijer³, M.H.G. Cents², T. Hilgerink¹,
L. Holsbeeke³

¹Het Stedelijk College Zuid, Enschede

²Bataafs Lyceum, Hengelo

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - This study researches the effect of exercising with a low or high energy consumption on the visual short-term memory of 11 year olds. The study contains the results of 16 11 year olds that were split up into three different groups. All groups performed a sequence memory test six times: three before and three afterwards one of the three activities. There were two activities in which two groups had to do an exercise in which one of them had a low energy consumption and the other one had a high energy consumption. The third group was a control group that watched a movie in the meantime. The results showed that the difference between the achieved levels is not significant and none of the groups performed better after their activities. The significance between the control group and the low energy consumption group showed $p = 1.00$ and between the control group and the high energy consumption group $p = .48$. The results do not match with the estimated outcome of the study.

1. Introductie

1.1 Onderzoeksvraag en hypothese

Er wordt veel onderzoek gedaan naar de effecten van beweging op het geheugen en de prestatie van de hersenen. Ook het visueel kortetermijngeheugen wordt veel onderzocht, echter is dit amper met betrekking tot sport. Bestaande onderzoeken gaan vooral in op de algemene kwestie: Heeft het uitvoeren van fysieke activiteit effect op je hersenen? Deze onderzoeken waren vooral uitgevoerd met volwassen testpersonen en weinig met kinderen (Etnier et al., 2014). De resultaten van deze onderzoeken tonen aan dat bewegen een positief effect heeft op de informatieverwerkingscapaciteit van het geheugen (Rama Kranthi et al., 2014)(Huang et al., 2013). Alleen is 'beweging' zelf een erg breed begrip. Er is nog geen onderzoek gevonden voor welke effecten verschillende maten energieverbruik kunnen hebben op het visueel kortetermijngeheugen. Uit deze kennis luidt de hoofdvraag van dit onderzoek: Wat is het effect van sporten met een laag en hoog energieverbruik op het visuele kortetermijngeheugen bij kinderen van 11 jaar? Wegens resultaten uit de voorgaande onderzoeken (Angevaren, 2010)(Huang et al., 2013) is er bij de uitvoering van het onderzoek gehypothetiseerd dat er een positief effect zal plaatsvinden: Zowel het hoge als lage energieverbruik zal een positief effect veroorzaken op de werking van het visueel kortetermijngeheugen bij kinderen van 11 jaar. Hier komt de verwachting bij dat het effect groter zal zijn bij het hogere energieverbruik dan het lagere energieverbruik. Als deze hypothese bevestigd wordt, zou de verkregen informatie gebruikt kunnen worden op gebieden als het onderwijs, om zo het presteren van kinderen rond 11 jaar te kunnen verbeteren. Er zou bijvoorbeeld rekening gehouden kunnen worden met de intensiteit van de gymlessen voorafgaand aan een toets of leerzame les. Bronnen laten al zien dat er effect is, maar niet wat de mate van het energieverbruik daarin voor rol speelt. Daarom is het belangrijk dat daar meer onderzoek naar gedaan wordt, de prestatie van de kinderen zou zo het best kunnen worden beïnvloed (de Greeff et al., 2018).

2. Theoretisch kader

2.1 Invloed beweging op geheugen

Fysieke activiteit heeft een positief effect op het cognitieve brein (Physical Activity and Brain Development, 2015) (Gomes da Silva & Arida, 2015) (Zoladz, 2010). Dit wordt veroorzaakt door meerdere punten. Beweging verbetert de cardiovasculaire functie en verhoogt de vasculaire transportcapaciteit van skeletspieren. Dit wil zeggen dat de bloedsomloop verbeterd; het hart gaat sneller kloppen en de bloedvaten worden wijder (Laughlin & Roseguini, 2008). Zo zorgt dit ervoor dat er meer zuurstof en glucose wordt vervoerd richting de hersenen (Smith & Ainslie, 2017). De glucose wordt door je lichaam verbrand in de hersencellen wat ervoor zorgt dat opgeslagen energie uit de glucose vrijkomt. Die energie laat dan de hersencellen optimaal werken en leven (Zhang et al., 2021). Daarnaast komen er als je beweegt in het brein neurotransmitters en hormonen vrij (Strasser et al., 2016). De neurotransmitters kunnen dienen als paracrine signaalmoleculen bij hersenen in ontwikkeling, die dan zorgen voor een betere signaaloverdracht tussen de hersencellen. Neurotransmitters reguleren ook intracellulair calcium dat wederom nodig is voor veel cellulaire functies in het brein en zo de hersenen beter laat functioneren (Represa, 2013). Verder worden er door je lichaam ook endocannabinoïden en het stofje BDNF aangemaakt bij fysieke inspanning ("Endocannabinoid and Mood Responses to Exercise in Adults... : Translational Journal of the American College of Sports Medicine," 2022) (Verhoeven, 2020). Zowel de endocannabinoïden als BDNF laten de plasticiteit van synapsen verhogen (Gerdeman & Lovinger, 2003) (Rhemrev, 2013). Synapsen zijn contactpunten tussen hersencellen, door synapsen kunnen cellen signalen aan elkaar doorgeven. De synaptische plasticiteit geeft een beeld van de neuronale responsiviteit en de mate waarin verkregen informatie wordt opgeslagen (Gerdeman & Lovinger, 2003). Door beweging ontstaan er dus betere verbindingen tussen de hersencellen en wordt de aanmaak van nieuwe cellen bevorderd. Bij beweging vindt er voorts nog een vermindering van het stressniveau plaats. Stress werkt het functioneren van het geheugen tegen, het zorgt bijvoorbeeld voor concentratieproblemen. Er is een correlatie te vinden tussen stress en een verminderde werk-

ing van de hippocampus, een onderdeel van de hersenen die van belang is voor de geheugenfunctie. De gebieden van de hersenen die worden aangestuurd door de hippocampus lijden hier ook onder (Kim et al., 2015). De hippocampus is namelijk gevoelig voor grote hoeveelheden van het stresshormoon cortisol (Wiedenmayer et al., 2006). Door te bewegen komen er de stoffen BDNF en endorfine vrij in je lichaam (Runners High Sportgericht, 2012) (Verhoeven, 2020). Deze stoffen zijn de tegenhangers van het stresshormoon cortisol, ze reduceren de hoeveelheid cortisol die het lichaam aanmaakt (Chen et al., 2012).

Hier komt dan nog bij dat beweging een risicofactor voor cognitieve achteruitgang tegenwerkt. Een hoge bloeddruk veroorzaakt bijvoorbeeld cognitieve achteruitgang (Novak & Hajjar, 2010). Sporten en bewegen zorgt voor een verlaagde bloeddruk: zowel de boven- als onderdruk daalt significant door te bewegen (De Mey & van Dale, 1991).

Als laatst heeft een meta-analyse van de RUG de effecten van eenmalige fysieke activiteit bekeken bij jongeren en jongvolwassenen. De activiteiten verschilden van hardlopen en fietsen tot krachttraining. De activiteiten werden uitgevoerd in een tijdsduur van 5 tot 60 minuten. Uit de resultaten bleek dat na eenmalige fysieke activiteit de informatieverwerkingssnelheid en de aandacht verbeterden. Echter, wordt dit positieve effect steeds kleiner bij langere uren van de activiteiten. Dit komt hoogstwaarschijnlijk doordat de testpersonen moe waren en zich dus minder goed konden concentreren (Effects of Physical Activity Interventions on Cognitive Outcomes and Academic Performance in Adolescents and Young Adults: A Meta-Analysis, 2020).

2.2 De leeftijd

Er is in het onderzoek gekozen voor testpersonen van $11 \pm 0,5$ jaar oud. Het kortetermijngeheugen ontwikkelt zich namelijk tot ongeveer 11-jarige leeftijd (Poullisse & Goossens, 2010). Dit betekent dat de testpersonen grotendeels een volledig ontwikkeld kortetermijngeheugen hebben. Daarnaast hebben jongens het grootste deel van hun leven veel meer testosteron dan meiden. Dit zorgt ervoor dat jongens veel beweeglijker en energieverbruiker zijn dan meiden. Omdat er bij de komst van de puberteit een groei in de productie van testosteron plaatsvindt, is er maar één bepaalde periode waar de hoeveelheid testosteron ongeveer gelijk ligt. Deze periode valt ongeveer tussen de 5 en 11-jarige leeftijd (Verschillen in Ontwikkeling Tussen Jongens En Meisjes — Anababa, 2022). De 11-jarige leeftijd is daarom gepast voor dit onderzoek: het kortetermijngeheugen is dan volledig ontwikkeld en er is erg weinig verschil tussen jongens en meiden.

2.3 De MET-waarde

De intensiteit van een activiteit valt te meten door middel van het metabool equivalent, ofwel de MET-waarde. Bij een zwaardere inspanning hoort een hogere MET-waarde. Wandelen krijgt bijvoorbeeld een MET-waarde van 2,9, terwijl touwtjespringen een MET-waarde van 10 heeft. De MET-waarde wordt uitgedrukt als de hoeveelheid verbrande kilocalorieën per lichaamsgewicht in kilogram per uur. Hier hoort formule 1 bij:

$$\frac{\text{MET-waarde} \times 3,5 \times \text{gewicht}}{200} = \text{Energieverbruik per minuut [kcal/min]}$$

Een zwaarder persoon zal meer kilocalorieën verbruiken per uur dan iemand die minder zwaar is. Dit komt omdat zij ook

hun eigen gewicht moeten verplaatsen. Activiteit met een lichte intensiteit horen bij een MET-waarde van <3 , activiteiten met een matige intensiteit bij 3-6 en activiteiten met een hoge intensiteit krijgen een waarde van >6 (Ainsworth et al., 2000) (Compendium of Physical Activities: An Update of Activity... : Medicine & Science in Sports & Exercise, 2022).

3. Materiaal en methode

3.1 Materiaallijst

Voor het onderzoek zijn de volgende materialen gebruikt:

- Toestemmingsformulieren
- Weegschaal $\pm 0,3$ kg
- 16 Laptops en emailadressen
- Telefoon met de snelheidsregulerende app: 'snelheidsmeter>>' ± 1 km/h
- Filmpje

3.2 Methode

Om dit onderzoek uit te voeren, hebben 16 kinderen van 11 jaar gesport. De kinderen die deelnamen aan het onderzoek zitten op de basisschool 'Drakensteyn' in Enschede. Deze kinderen zijn $11 \pm 0,5$ jaar. Alle testen en sporten zijn uitgevoerd in of rondom de school. Er is gebruik gemaakt van de sequence memory test, die is beschikbaar op de site humanbenchmark.com. In deze test zien de testpersonen 9 blokjes. In het 1e level wordt 1 blokje getoond wat onthouden moet worden, vervolgens verdwijnt dat blokje en moet de testpersoon op het onthouden blokje drukken (afbeelding 1).

Bij het opvolgende level wordt eerst hetzelfde blokje getoond en vervolgens een andere. Elk level komt er een blokje extra in de reeks dat onthouden moet worden. Bij een fout ingevoerde reeks beëindigt de test. Om de resultaten van ieder kind op te slaan is er van te voren voor ieder kind een e-mailadres aangemaakt om een account te maken op humanbenchmark.com. Om het energiegebruik te berekenen wordt er gebruik gemaakt van een formule waarbij naast de MET-waarde het gewicht van de kinderen nodig is, daarom is er voorafgaand aan het onderzoek het gewicht van de kinderen genoteerd. Ook is voorafgaand aan het onderzoek een toestemmingsbrief naar de ouders gestuurd om zeker te weten dat de kinderen mochten deelnemen aan het onderzoek en het gewicht van de kinderen mocht worden bepaald.

De groep van 16 kinderen is opgesplitst in drie groepen zodat er één groep was die een sport beoefend met een laag energiegebruik, één groep die een sport beoefend met een hoog energiegebruik en er één groep was die dient als controlegroep die dus geen sport beoefend heeft. Voorafgaand aan de activiteit, hebben de kinderen uit alle drie de groepen drie keer de sequence memory test gedaan. Dit was de nulmeting. De groep die een sport heeft beoefend met laag energiegebruik, groep 1, heeft 15 minuten lang gewandeld met een snelheid van minimaal 2,7 km/h tot maximaal 4,0 km/h. De snelheid werd gereguleerd door een applicatie op een mobiel die precies kon bijhouden met welke snelheid er werd gewandeld. De begeleider liep voorop, door een park aanliggend aan de basisschool, met de snelheidsregulerende app en daar achteraan liepen de 6 kinderen van die groep. Wandelen tussen die snelheden heeft een MET-waarde tussen de 2,3 en de 2,9 (tabel 1). De groep die een sport heeft beoefend met hoog energiegebruik, groep 2, ging 15 minuten lang tikkertje spelen in de gymzaal. Zij hebben hierbij allemaal gerend, wat valt onder sneller hardlopen. Dat heeft dan een MET-waarde van 8. Bij deze sport

heeft een begeleider de kinderen aangestuurd en gezorgd dat de kinderen in beweging bleven (tabel 1). Groep 3 dient als de controlegroep en daarom hebben deze kinderen geen sport beoefend. Deze groep ging 15 minuten lang een filmpje kijken (tabel 1).

Na de sport of het filmpje ondernamen de kinderen nogmaals drie keer de sequence memory test, om zo te zien of het sporten invloed heeft gehad op de resultaten van de test. De controlegroep dient dan om te kunnen zien of er een significant verschil is.

4. Lijst met variabelen

4.1 Afhankelijke variabele:

- De behaalde levels van de visueel korte termijn geheugen test, deze is afhankelijk van het energieverbruik.
- Het energieverbruik is afhankelijk van de uitgevoerde activiteiten, gewicht en MET-waarde.

4.2 Onafhankelijke variabelen:

- Het energieverbruik. Het energieverbruik heeft effect op de behaalde levels van de sequence memory test.
- Uitgevoerde activiteiten. De activiteiten hebben effect op het energieverbruik. Een verandering in activiteit veroorzaakt namelijk een verandering in het energieverbruik en is daarom een onafhankelijke variabele.
- Het gewicht. Het gewicht is deel van de formule voor het energieverbruik. Zodra het gewicht verandert, verandert het energieverbruik mee. Daarom is het gewicht een van de onafhankelijke variabelen.
- De MET-waarde. Zodra er een verandering plaatsvindt van de MET-waarde verandert daardoor het energieverbruik. Hierdoor is het ook een van de onafhankelijke variabelen.

4.3 Controle variabelen:

- Tikkertje. Er is gekozen voor een tikkertje waarbij er geen testpersonen aan de kant moeten zitten, maar voor een waarbij iedereen continu in beweging blijft. Zo blijft het energieverbruik gelijk.
- De begeleiding. Om te zorgen dat de testpersonen zich volledig inzetten bij de activiteiten, helpt begeleiding bij het aansturen. Zo zijn de resultaten representatief aan de ondernomen activiteit.
- De locatie. Wanneer de groepen de test op verschillende locaties zouden afnemen, kan het zo zijn dat de ene groep een meer afleidende omgeving heeft dan de andere groepen. Daarnaast zou er ook een verschil in temperatuur kunnen zijn op verschillende locaties. De test is door alle groepen op dezelfde locatie in hetzelfde lokaal laten afnemen zodat de locatie geen invloed heeft op het onderzoek. Een te hoge of te lage temperatuur heeft effect op de hartslag van testpersonen. Daarnaast zou het thermische stress kunnen veroorzaken (Abbasi et al., 2019). Onderzoek heeft aangetoond dat de temperatuur van de lucht een significant effect heeft op de prestaties van het brein. Ook heeft dezelfde locatie ervoor gezorgd dat de testpersonen te maken hadden met dezelfde mate van verlichting (Aarts & Aries, 2013) en dezelfde hoeveelheid ventilatie (Duran et al., 2022). Deze twee factoren hebben invloed op de concentratie. De temperatuur, afleiding, licht en ventilatie kan, omdat die gelijk is gehouden geen effect meer hebben op de uitkomst van het onderzoek.

- De tijdsduur van de activiteiten. Een verschil in de tijdsduur van de activiteiten tussen de groepen zou effect hebben op het energieverbruik. Aangezien de tijdsduur niet is meegenomen in de formule zou een verschil in tijdsduur effect hebben op de resultaten. De activiteiten zijn dus door elke groep precies 15 minuten uitgevoerd.
- Het tijdstip. Als de groepen op verschillende tijdstippen de testen zouden uitvoeren, zou er een groep bijvoorbeeld eerder of later op de dag de test afnemen, waardoor ze minder wakker of meer moe zouden kunnen zijn. Dit zou effect hebben op hun focus bij het maken van de test (Mongrain et al., 2006). De resultaten zouden dan kunnen afwijken. Alle groepen hebben daarom tegelijkertijd de testen en de sport uitgevoerd.

5. Resultaten

In dit onderzoek hebben 16 kinderen van 11 jaar een sequence memory test gedaan voor en achteraf aan de activiteit. Uit deze tests zijn 3 datasets verschenen (tabel 3). De eerste dataset is van de groep die een laag intensieve activiteit ondernomen heeft, groep 1. De tweede dataset is van de groep die een hoog intensieve activiteit ondernomen heeft, groep 2. De derde dataset is van de controlegroep, dit is de groep die een filmpje gekeken heeft, groep 3. Groep 1 bestond uit 6 kinderen en groep 2 en 3 uit 5 kinderen (tabel 1).

In tabel 2 is de MET-waarde per groep te zien, het gemiddelde gewicht van de kinderen in de betreffende groepen en het energieverbruik dat daarmee te berekenen is. Hieruit blijkt dat de groepen die een activiteit ondernomen hebben met een lagere MET-waarde ook een lager energieverbruik per minuut hebben.

In tabel 3 en grafiek 1 is te zien wat het gemiddeld behaalde level vooraf en achteraf is per groep. In tabel 3 staat ook het gemiddelde levelverschil per groep. Daarnaast is de standaarddeviatie weergegeven in beide figuren. Uit deze figuren blijkt dat de controlegroep niet in level is gestegen of gezakt. Groep 1, de groep met de activiteit die laag intensief is, is in level gezakt. Vooraf hadden ze een gemiddeld level van 7.6 en achteraf 7.1, het verschil in level is dus -0.5. Groep 2, die een hoog intensieve sport beoefend heeft, heeft gemiddeld ook een level verschil van 0, dit betekent dat ze niet gestegen of gezakt zijn. De standaarddeviatie in groep 1 is 1.3, in groep 2 1.7 en in groep 3 1.7.

De Mann-Whitney U test is toegepast om te berekenen of de verschillen significant zijn. Als $p \leq .05$ is er een significant verschil. Dat wil zeggen dat er 95% zekerheid is dat dit verschil geen toeval is. Uit tabel 4 blijkt dat $p = 1.00$ is voor het verschil tussen groep 1 en 3. Dit betekent dat er geen significant verschil is tussen deze groepen. Uit tabel 4 blijkt dat $p = .48$ is voor het verschil tussen groep 2 en 3. Dit betekent wederom dat de berekening toont dat er geen significant verschil is tussen deze groepen. Er is 48% kans dat dit verschil toeval is.

6. Conclusie

De onderzoeksvraag uit dit onderzoek luidt: Wat is het effect van sporten met een laag en hoog energieverbruik op het visuele kortetermijngeheugen bij kinderen van 11 jaar? In dit onderzoek is er geen significant verschil gevonden tussen de controlegroep en de groep met de sport met een laag energieverbruik. Ook is er geen significant verschil gevonden tussen de controlegroep en de groep met de sport met een hoog energie-

verbruik. Uit die resultaten kan de conclusie worden getrokken dat er binnen dit onderzoek geen effect is na sporten met een hoog of laag energieverbruik op het visuele kortetermijngeheugen bij kinderen van 11 jaar. Er is gehypothetiseerd dat er een positief effect zou plaatsvinden en dat dit effect groter zou zijn naarmate er met een hoger energieverbruik gesport is. Met de resultaten uit dit onderzoek is de hypothese verworpen.

7. Discussie

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat er geen effect is na sporten met een hoog of laag energieverbruik op het visuele kortetermijngeheugen bij kinderen van 11 jaar. Echter, zijn er nog wat discussiepunten.

Dit onderzoek is oorspronkelijk 2 maal uitgevoerd, echter moest dag 1 geschrapt worden. Op dag 1 zijn er verschillende aspecten die invloed hadden op de betrouwbaarheid en de validiteit van het onderzoek. De testpersonen hadden op de dag van afname een intensieve gymles van 45 minuten voorafgaand aan het experiment. Hierdoor hadden alle testpersonen al een sport beoefend met een hoog energieverbruik, daardoor kon de onderzoeksvraag niet meer onderzocht worden. Daarnaast waren de resultaten minder betrouwbaar omdat de duur van de gymles afweek van de duur van de activiteiten. Er is ervoor gekozen om deze resultaten niet mee te nemen in de verwerking, omdat er op deze manier geen goede conclusie getrokken kon worden. Na het analyseren van de resultaten van dag 1 bleek dat de standaarddeviatie tussen de behaalde levels van de testpersonen ongeveer 3 was. Dat is groot ten opzichte van het gemiddeld behaalde level. Zo was er bijvoorbeeld een testpersoon dat vooraf het level 17 behaalde en achteraf level 8. Dit verschil kan meerdere redenen hebben. De moeilijkheid van de test zou ook te ver uit elkaar kunnen liggen, doordat er bij de test achteraf de blokjes een patroon maakten die lastiger was om te onthouden. Daarom is ervoor gekozen om de tweede testdag de testen drie keer vooraf en drie keer achteraf af te nemen. Zo konden er gemiddelden worden getrokken. De verwachting was dat de standaarddeviatie kleiner zou zijn of in ieder geval niet geheel veroorzaakt zou worden door toeval. In het theoretisch kader staat dat de intensiteit van een activiteit valt te meten door middel van de MET-waarde. Een zwaarder persoon zal meer kilocalorieën verbruiken per uur dan iemand die minder zwaar is. Het berekenen van het energieverbruik kan door de eerder genoemde formule (formule 1) (Ainsworth et al., 2000) (Compendium of Physical Activities: An Update of Activity... : Medicine & Science in Sports & Exercise, 2022). Uit de resultaten van dit onderzoek is dit gewaarborgd, want een lagere MET-waarde heeft daadwerkelijk gezorgd voor een lager energieverbruik. Verder zijn er bij de uitvoering van het onderzoek veel controlevariabelen opgesteld, zoals te zien is in de lijst met variabelen in de methode. Deze variabelen zijn voor alle testpersonen constant gehouden waardoor het mogelijke effect van deze variabelen wordt uitgesloten van het onderzoek. De resultaten van dit onderzoek worden ondersteunt door een ander experiment (Delancey, 2019). In dit experiment werd acute inspanning niet direct geassocieerd met een betere geheugenfunctie. De controlegroep had vergelijkbare resultaten als de oefengroep en er is geen significant verschil gevonden.

De hypothese van dit onderzoek was dat er een positief effect zou plaatsvinden na het sporten en dat dit effect sterker zou worden als er met een hoger energieverbruik gesport werd. De resultaten van dit onderzoek laten geen effect zien na het spor-

ten. Dat komt niet overeen met wat er in het theoretisch kader staat. In het theoretisch kader staat namelijk dat fysieke activiteit een positief effect heeft op het cognitieve brein (Physical Activity and Brain Development, 2015) (Gomes da Silva & Arida, 2015) (Zoladz, 2010). Dat deze hypothese verworpen moest worden kan worden verklaard met de volgende punten: De visueel korte termijn geheugen test laat als je hem start even snel een blokje zien. Dat blokje doet niet mee aan de reeks, maar is een fout in het programma. Het gevolg hiervan is dat als de testpersonen snel zijn met klikken het risico wordt gelopen dat de testpersonen het blokje zien en erop klikken. Dat heeft invloed op de betrouwbaarheid van dit onderzoek. Het kan namelijk zo zijn dat als er te snel geklikt wordt er een lager level behaald wordt dan de testpersoon eigenlijk kan behalen. Echter, is er niet vastgelegd bij welke testpersonen dit is gebeurd en of er data tussen zit waarbij dit het geval is. Dat betekent dat die data is meegenomen in het verwerken van de resultaten en dit dus niet valide is. Er is een relatief kleine groep testpersonen getest, slechts 16 testpersonen. Als er meer testpersonen waren geweest, hadden de resultaten nog een stuk nauwkeuriger kunnen zijn. Dat zou ook de kans verkleinen dat de resultaten zouden zijn berust op toeval. In het onderzoek van (Rama Kranthi et al., 2014) is er een grotere groep testpersonen gebruikt, namelijk 60 kinderen. Deze bron heeft wel een significant positief effect gevonden op het visueel kortetermijngeheugen bij kinderen. Binnen het onderzoek is er gekozen om de testpersonen drie keer de Sequence Memory test vooraf en drie keer de test achteraf te laten uitvoeren. Zo konden gemiddelden getrokken worden om te zorgen dat de standaarddeviatie minder hoog zou zijn ten opzichte van dag 1, maar is deze hoeveelheid niet onderbouwd en was de afname van de test wellicht vier keer voor en achteraf nodig geweest. Dit zou in vervolgonderzoek nader onderzocht kunnen worden en er zou bijvoorbeeld een test gemaakt kunnen worden waarbij elk testpersoon dezelfde test krijgt. De resultaten uit het onderzoek komen niet overeen met de bevindingen uit een bron als (Rama Kranthi et al., 2014), die met een vergelijkbare onderzoeksvraag wel een significant positief effect vonden. Het verschil in de uitkomst zou te verklaren kunnen zijn door verschillen in de methode. In de methode van (Rama Kranthi et al., 2014) is er een andere test gebruikt voor het visueel kortetermijngeheugen. De kinderen hebben daar de Numerical recall test, de Word recall test en een Objective recall test uitgevoerd. Doordat er 3 verschillende tests zijn gebruikt in plaats van 1, levert dat ook een betrouwbaarder en nauwkeuriger beeld op van de resultaten.

Op basis van de resultaten die niet overeenkomen met de hypothese wordt er vervolgonderzoek aangeraden voor dit onderwerp. Er is een basis gezet waarop verder gewerkt kan worden. In het onderzoek is er geen significant effect gevonden bij de uitgekozen activiteiten en de bijbehorende energieverbruiken. Doordat de resultaten van onderzoek binnen dit onderwerp een positief effect kan hebben op het presteren van kinderen, is het belangrijk om onderzoek te blijven doen op dit gebied. Er valt er aan te raden meer activiteiten met verschillende MET-waarden te testen. Echter, zou dit wel moeten gebeuren met een meer grootschalige groep testpersonen om nauwkeurigere resultaten te verkrijgen. Op deze manier kan het effect tegenover elkaar gezet worden met meer data. De grafiek zou zo worden uitgebreid. Dit zou meer duidelijkheid scheppen over welk energieverbruik het meeste effect heeft en eventueel een lineair of exponentieel verband kunnen aantonen. Vervol-

gonderzoek kan daarnaast gedaan worden naar het verschil tussen de behaalde levels van jongens en meisjes na een ondernomen activiteit. Dit zou onderzocht kunnen worden op verschillende leeftijden om zo te vergelijken of de leeftijd invloed heeft op de presentatie. Het is aan te bevelen om bij vervolgonderzoek beter te kijken naar de ondernomen activiteiten, de medicatie en de voeding van de groep testpersonen (Van Loon & Saris, 2005), dat kan effect hebben op de resultaten van het onderzoek. Voorts zou de tijdsduur van de activiteiten kunnen worden aangepast. 15 minuten zou mogelijk te kort of juist te lang zijn geweest om significante effecten te kunnen aantonen (Effects of Physical Activity Interventions on Cognitive Outcomes and Academic Performance in Adolescents and Young Adults: A Meta-Analysis, 2020).

8. Bibliografie

- Aarts, M. P. J., & Aries, M. B. C. (2013). Dynamische verlichting in de zorg: de feiten. https://www.ammanu-medical.com/wp-content/uploads/2020/03/TM0113_22_25.pdf
- Abbasi, A. M., Motamedzadeh, M., Aliabadi, M., Golmohammadi, R., & Tapak, L. (2019). The impact of indoor air temperature on the executive functions of human brain and the physiological responses of body. *Health Promotion Perspectives*, 9(1), 55–64. <https://doi.org/10.15171/hpp.2019.07>
- Ainsworth, B. E. (2022). Compendium of Physical Activities: an update of activity... : Medicine & Science in Sports & Exercise. LWW. https://journals.lww.com/acsmmsse/Fulltext/2000/09001/Compendium_of_Physical_Activities__an_update_of.9.aspx
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. M., Strath, S. J., O'Brien, W. L., Bassett, D. R., Schmitz, K. H., Emplaineourt, P. O., Jacobs, D. R., & Leon, A. S. (2000). Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(Supplement), S498–S516. <https://doi.org/10.1097/00005768-200009001-00009>
- Angevaren, M. (2010). 13 De invloed van fysieke activiteit op het cognitief functioneren bij ouderen. *Jaarboek Fysiotherapie Kinesiotherapie 2010*, 202–218. https://doi.org/10.1007/978-90-313-9327-5_13
- Brellenthin, A. G. (2022). Endocannabinoid and Mood Responses to Exercise in Adults... : Translational Journal of the American College of Sports Medicine. LWW. <https://doi.org/10.1249/TJX.0000000000000046>
- Chen, J., Li, X., & McGue, M. (2012). Interacting effect of BDNF Val66Met polymorphism and stressful life events on adolescent depression. *Genes, Brain and Behavior*, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1111/j.1601-183x.2012.00843.x>
- da Silva, S. G. (2015). Physical activity and brain development. *Expert Review of Neurotherapeutics*. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1586/14737175.2015.1077115?journalCode=ier_n20
- de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C., & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(5), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.595>
- De Mey, H. R. A., & van Dale, D. (1991). SPORT ALS MEDICIJN. <https://www.beta.nl/skpn/skpn2.pdf#page=49>
- Delancey, D. (2019). APA PsycNet. <https://psycnet.apa.org/record/2020-21911-001>
- Duran, N., Eichholz, P., Kok, N., & Palacios, J. (2022, June 3). Betere ventilatie helpt om leerprestaties te bevorderen. ESB.nu. <https://esb.nu/esb/20072704/betere-ventilatie-helpt-om-leerprestaties-te-bevorderen>
- Etnier, J., Labban, J. D., Piepmeier, A., Davis, M. E., & Henning, D. A. (2014). Effects of an Acute Bout of Exercise on Memory in 6th Grade Children. *Pediatric Exercise Science*, 26(3), 250–258. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0141>
- Gerdeman, G. L., & Lovinger, D. M. (2003). Emerging roles for endocannabinoids in long-term synaptic plasticity. *British Journal of Pharmacology*, 140(5), 781–789. <https://doi.org/10.1038/sj.bjp.0705466>
- Gomes da Silva, S., & Arida, R. M. (2015). Physical activity and brain development. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 15(9), 1041–1051. <https://doi.org/10.1586/14737175.2015.1077115>
- Haverkamp, B. R. (2020). Effects of physical activity interventions on cognitive outcomes and academic performance in adolescents and young adults: A meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2020.1794763>
- Huang, T., Larsen, K., Ried-Larsen, M., & Andersen, L. (2013, May 22). The effects of physical activity and exercise on brain-derived neurotrophic factor in healthy humans: A review. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/sms.12069?casa_token=JAmZENVpwXw_AAAAA%3AkeO-zlYUx17jX4gD4DXE7IiRUEWZq_O0753azDa7XuTcaetsY-OehbeLtmnsL_Rt-1EZEgRdIGIYK-D62w
- Kim, E. J., Pellman, B., & Kim, J. J. (2015). Stress effects on the hippocampus: a critical review. *Learning & Memory*, 22(9), 411–416. <https://doi.org/10.1101/lm.037291.114>
- Laughlin, M. H., & Roseguini, B. (2008). Mechanisms for exercise training-induced increases in skeletal muscle blood flow capacity: differences with interval sprint training versus aerobic endurance training. *Journal of Physiology and Pharmacology : An Official Journal of the Polish Physiological Society*, 59 Suppl 7(Suppl 7), 71–88. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2654584/>
- Mongrain, V., Carrier, J., & Dumont, M. (2006). Difference in sleep regulation between morning and evening circadian types as indexed by antero-posterior analyses of the sleep EEG. *European Journal of Neuroscience*, 23(2), 497–504. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2005.04561.x>
- Novak, V., & Hajjar, I. (2010). The relationship between blood pressure and cognitive function. *Nature Reviews Cardiology*, 7(12), 686–698. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2010.161>
- Poulisse, N., & Goossens, W. (2010, December 7). Het werkgeheugen en schoolse vaardigheden. <http://www.audcom.nl/vhz/artikelen/2010/2010-6-artikel.pdf>
- Rama Kranthi, T., Syamala, E., Amrutha Kumari, K., Soni, S., & Nazeer, M. (2014, September 2). Effect of physical training on short term memory in school going rural children. https://www.researchgate.net/profile/Mohammed-Nazeer/publication/329917067_Effect_of_physical_training_on_short_term_memory_in_school_going_rural_children/links/5c2353d9a6fdccfc7069458b/Effect-of-physical-training-on-short-term-memory-in-school-goings-rural-children.pdf
- Represa, A. (2013). Neurotransmitters and Brain Maturation: Early Paracrine Actions of GABA and Glutamate Modulate Neuronal Migration - Jean-Bernard Manent, Alfonso Represa, 2007. *The Neuroscientist*. <https://journals.sagepub>

com/doi/abs/10.1177/1073858406298918#skipNavigationTo

Rhemrev, V. (2013, July 9). Leidt stress tot agressie in mannen en tot een depressie in vrouwen? https://fse.studenttheses.ub.rug.nl/11224/1/LST_Bc_2013_ValerieRhemrev.pdf

Severs, M., Bax, J., & Schoots, E. (2012, December). Runners high sportgericht. <https://smautrecht.nl/wp-content/uploads/2021/01/Runners-high-Sportgericht-december-2012-1.pdf/>

Smith, K. J., & Ainslie, P. N. (2017). Regulation of cerebral blood flow and metabolism during exercise. *Experimental Physiology*, 102(11), 1356–1371. <https://doi.org/10.1113/ep086249>

Strasser, B., Geiger, D., Schauer, M., Gatterer, H., Burtscher, M., & Fuchs, D. (2016). Effects of Exhaustive Aerobic Exercise on Tryptophan-Kynurenine Metabolism in Trained Athletes. *PLOS ONE*, 11(4), e0153617. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153617>

Van Loon, L. J. C., & Saris, W. H. M. (2005). Voeding en sport. *Het Sport-Medisch Formularium*, 264–284. https://doi.org/10.1007/978-90-313-6521-0_17

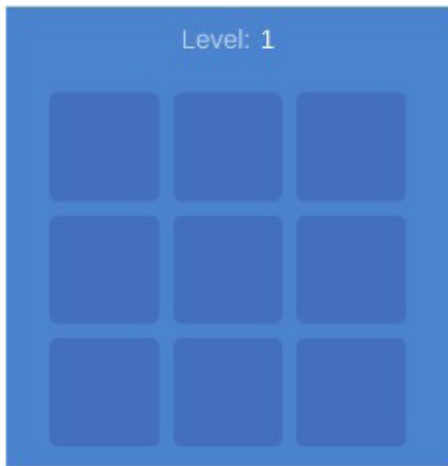
Verhoeven, K. (2020, January). Kunnen exergames gebruikt worden om beweging te stimuleren bij personen met dementie? https://www.ucll.be/sites/default/files/documents/Exergames/rapport_exergames_en_dementie_06012020v2.pdf

Verschillen in ontwikkeling tussen jongens en meisjes — Anababa. (2022). Anababa.nl. <https://www.anababa.nl/ontwikkeling/jongens-en-meisjes/verschillen-in-ontwikkeling>

Wiedenmayer, C. P., Bansal, R., Anderson, G. M., Zhu, H., Amat, J., Whiteman, R., & Peterson, B. S. (2006). Cortisol Levels and Hippocampus Volumes in Healthy Pre-adolescent Children. *Biological Psychiatry*, 60(8), 856–861. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2006.02.011>

Zhang, S., Lachance, B. B., Mattson, M. P., & Jia, X. (2021). Glucose metabolic crosstalk and regulation in brain function and diseases. *Progress in Neurobiology*, 204, 102089. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2021.102089>

Zoladz, J. A. (2010). The effect of physical activity on the brain derived neurotrophic factor: from animal to human studies. https://www.jpp.krakow.pl/journal/archive/10_10/pdf/533_10_10_article.pdf



Figuur 1, afbeelding 1: voorbeeld van level 1 nadat het blokje verdwenen is.

	Groep 1	Groep 2	Groep 3
MET-waarde	2,6	8,0	1,0
Activiteit	Lopen 2,7 - 4,0 km/h	Tikkertje	Filmpje kijken
Groepsgrootte	6 kinderen	5 kinderen	5 kinderen
Duur	15 min	15 min	15 min
Locatie	Park	Plein	Klaslokaal
Benodigdheden	Snelheidsreguleren de Applicatie		Filmpje

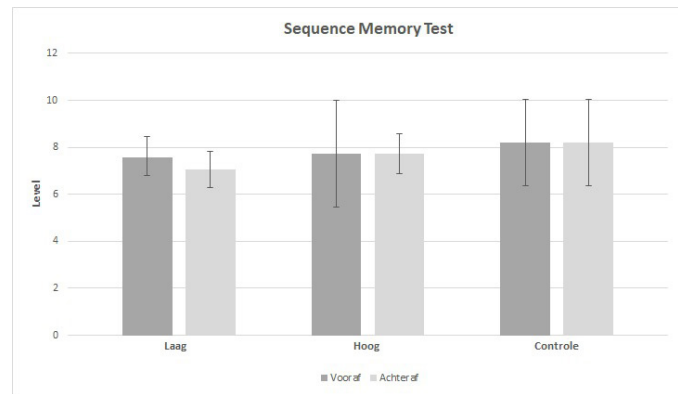
Figuur 2, tabel 1: groepsverdeling met betreffende MET-Waarde, activiteit, groepsgrootte, duur, locatie en benodigdheden.

	MET-waarde	Gemiddeld gewicht (kg)	Gemiddeld energieverbruik (kcal/min)
Groep 1	2,6	39,8	1,81
Groep 2	8,0	49,5	6,92
Groep 3	1,0	35,7	0,63

Figuur 3, tabel 2: MET-waarden, gewicht en energieverbruik per groep.

	Gemiddeld level vooraf	Gemiddeld level achteraf	Gemiddeld level verschil	Standaard deviatie
Groep 1	7,6	7,1	-0,5	1,7
Groep 2	7,7	7,7	0,0	1,7
Groep 3	8,2	8,2	0,0	1,3

Figuur 4, tabel 3: behaalde levels per groep en de standaarddeviatie.



Figuur 5, grafiek 1: verschil van de Behaalde Levels tussen de Groepen met Betreffende Standaarddeviatie

Verskil tussen...	Significantie volgens u-test
Groep 1 en 3	1,00
Groep 2 en 3	0,48

Figuur 6, tabel 4: significante verschillen tussen de groepen.

Verschil in betrouwbaarheid van de berichtgeving van diverse nieuwssites over de onderwerpen klimaatverandering en asielbeleid

E.K. von Piekartz¹, T.T. Postmus², Y. Vos³, A.A. ten Cate³, H.W. Nijkamp², R. Kamperman¹, L. Holsbeeke³

¹RKSG Canisius, Almelo

²Het Stedelijk lyceum, College Zuid, Enschede

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - The main purpose of this study is to investigate whether there is a difference in reliability between the information given by various news sites about the topics 'climate' and 'asylum policy in the Netherlands'. Various news sites were selected, based on their purpose, target audience and government subsidy. A strategic model has been set up to check articles of several selected news sites based on their reliability. In total, 270 news articles have been analyzed. The strategic model contains questions about reliability, based on numerous studies which have shown the biggest difference for when it comes to reliability from journalists. By doing so, each article gained an average score, which determined how reliable the article was. These scores were eventually added up for each individual news site and subsequently compared to each other. The results of this study show that such a difference in reliability has been detected. This difference in reliability is supported by information about the perspective and publication date. Endlessly, the conclusion tells us that the news site GeenStijl is comparably less reliable than the news sites Joop.nl, Scientias and AD, where AD scores highest on reliability and Scientias follows.

1. Introductie

Journalistiek is nooit volledig objectief. Hoewel journalisten veelal proberen zo feitelijk mogelijk de inhoud te beschrijven, moeten zij er ook voor zorgen dat het artikel leesbaar is voor het publiek (De Swert & Wouters, 2012; Wien, 2005). Journalisten moeten een bepaalde context creëren, waarin zij hun geconstateerde feiten kunnen kaderen (Wien, 2005). Daarbij worden veel subjectieve keuzes gemaakt. Dat wil zeggen dat de journalist onontkomelijk een eigen interpretatie geeft aan het nieuws en het dus niet geheel objectief is. Oftewel, met de woorden van NRC-journalist en filosoof Rob Wijnberg: "Het is letterlijk onmogelijk de wereld te beschrijven zonder een idee te hebben van goed en kwaad, van relevant en triviaal, van waar en onwaar" (Wijnberg, 2017).

Bij deze subjectieve keuzes spelen onder andere de achtergrond, interesse, opleiding en persoonlijkheid van de schrijver een rol (Van Spilbeeck, 2013, in De Swert & Wouters, 2012, p. 7). Later in dit onderzoek wordt ingegaan op overige factoren die journalisten ervan weerhouden de 'waarheid te vangen', zoals de taak van journalisten dikwijls wordt omschreven (Lauf & Scholtens, 2022; Nederlandse vereniging van Journalisten [NVJ], 2023; Wijnberg, 2017). De journalistiek dient 'waarheidsgetrouw' te zijn, volgens de Code voor de journalistiek (ook wel Code van Bordeaux) (Wikipedia-bijdragers, 2022). Dit betekent dat de journalist 'de werkelijkheid zoals hij die aantreft en waarneemt' gebruikt als uitgangspunt (International Federation of Journalists [IFJ], z.d.; NVJ, 2023). In deze code wordt expres gesproken over een 'streven naar objectiviteit', want in praktijk is een 100% objectieve zienswijze nooit mogelijk (Gogh, 2013). Dit terwijl de behoefte aan objectief en gecontroleerd nieuws, door onafhankelijke journalisten, groot is (Lauf et al., 2020).

De opkomst van sociale media maakt het gemakkelijker om aan informatie te komen over actuele onderwerpen (van der Veer et al., 2020). De toename van het gebruik van platformen als Twitter en Facebook zorgt ervoor dat mensen die geen journalistieke achtergrond hebben, toch kunnen deelnemen

aan het journalistieke proces, waarbij zij gemakkelijk onjuiste en ongecontroleerde informatie kunnen verspreiden (Scholtens et al., 2022). Dit is geen democratisering van de journalistiek, want de technologische formats van de sociale platformen hebben invloed op de gebruikerspraktijken. Sociale media bevoordelen namelijk een bepaald type nieuws. Het meest recente nieuws, met de meeste gebruikersactiviteit, wordt algoritmisch gepromoot (Poell & van Dijck, 2015). Het gegeven dat lezers mogelijk in grotere hoeveelheden ongefundeerd nieuws binnenkrijgen, kan een oorzaak zijn van de forse toename van demonstraties tegen de overheid en de toename van de gespreksstof over het al dan niet vertrouwen van de overheid bij cliënten van psychologen (Nederlands Instituut Voor Psychologen, 2022). Er is door cabaretier Arjen Lubach zelfs een nieuwe term 'fabeltjesfuik' bedacht, voor het verschijnsel dat mensen die geïnteresseerd zijn in complotten, steeds meer berichten over complotten krijgen, waardoor ze deze langzamerhand gaan geloven (Van Dale, z.d.; Zweistra, 2022). Er werd hierbij verwezen naar de term filter bubble (Wikipedia-bijdragers, 2023). Hieruit is te concluderen dat het belangrijk is dat mensen toegang hebben tot betrouwbaar nieuws.

Burgers hebben het meeste vertrouwen in nieuws afkomstig van journaals, en dan met name programma's van de NOS. Het achttienjournaal krijgt het hoogste rapportcijfer in een peiling (n=2.031) voor 'vertrouwen in het nieuws', namelijk een 7.3 (Newen & Verheggen, 2021). Onderaan de lijst staan actualiteiten site GeenStijl (4,1) en sociale media kanalen Twitter (3,9) en Facebook (3,8) (Newen & Verheggen, 2021). In dit onderzoek worden vier media nieuwssites onderzocht en worden eventuele verschillen in kaart gebracht. De nieuwssites moeten grotendeels gratis te bezoeken te zijn, minimaal 100 artikelen hebben gepubliceerd over het onderzochte onderwerp en voldoen aan in ieder geval één van de volgende criteria:

- De nieuwssite maakt onderdeel uit van de Nederlandse Publieke Omroep en wordt gesubsidieerd door de overheid.

- De nieuwssite heeft minimaal één miljoen bezoekers per maand en geeft in de missie van het bedrijf aan volledig objectief nieuws te willen brengen.

Bovenstaande criteria worden gehanteerd, omdat in dit onderzoek specifiek gekeken wordt naar grote nieuwssites, die enige bekendheid hebben. Ook moet het medium genoeg gratis te lezen artikelen publiceren, omdat wil worden voorkomen dat betaalde artikelen van het ene medium worden vergeleken met gratis te lezen artikelen van het andere medium. Betaalde artikelen zijn doorgaans exclusieve verhalen waar onderzoeksjournalistiek voor wordt verricht (Van der Schrier, 2021). Dit biedt niet elk medium aan en het gebruiken van deze artikelen zorgt bovendien voor een extra variabele binnen het onderzoek. Verder is er rekening gehouden met de diversiteit van de nieuwssites. Een nieuwssite met een variatie op het gebied van politieke stroming of journalistieke werkwijze heeft de voorkeur. De reden hiervoor is dat specifiek wordt onderzocht in hoeverre verschillen tussen diverse nieuwssites kenbaar worden gemaakt in de artikelen. Dit lukt simpelweg beter wanneer er gevarieerde nieuwssites deelnemen aan het onderzoek. Daarom is er gekozen om ook een nieuwssite te onderzoeken die niet voldoet aan één van de zojuist genoemde criteria. Dit is GeenStijl, omdat zij juist niet de intentie hebben om volledig objectief te zijn. GeenStijl is een belangrijk referentiekader in dit onderzoek. De overige drie kandidaten zijn Jouw Online Opinie Pagina (Joop.nl), Scientias en Het Algemeen Dagblad (AD).

Hieronder worden toelichtingen gegeven op deze keuzes, evenals feiten die ervoor zorgen dat de nieuwssite varieert ten opzichte van de andere kandidaten:

- Joop.nl maakt onderdeel uit van de NPO en geeft aan een platform te willen zijn met 'nieuws, bijdragen van opiniemakers en debat tussen bezoekers' (Joop, z.d.). De nieuwssite heeft grofweg 450.000 bezoekers per maand en is in 2009 opgericht. Joop zorgt voor een variatie binnen de gekozen mediasites, omdat de eigenaar van Joop aangeeft een 'ideële mediaorganisatie' te zijn, 'die zich inzet voor een open, gelijkwaardige en rechtvaardige samenleving.' Dit wordt over het algemeen beschreven als linksgeoriënteerd (Wikipedia-bijdragers, 2022; Bnnvara, z.d.; Similarweb, z.d.).
- Scientias, dat ook in 2009 is ontstaan, heeft een bezoekersaantal van 3.500.000 per maand en claimt de grootste populair-wetenschappelijke nieuwssite van het land te zijn. Scientias maakt, in tegenstelling tot de overige drie kandidaten, uitsluitend gebruik van wetenschappelijke papers, die ze vervolgens uitwerken tot nieuwsartikelen. Verder geven ze aan dat de journalisten 100% onafhankelijk zijn en dat ze streven naar 100% betrouwbaarheid (Similarweb, z.d.; Scientias, 2021).
- Het Algemeen Dagblad is opgericht in 1946. Het is één van de grotere kranten van Nederland en na NU.nl de grootste commerciële nieuwssite, met een gemiddeld dagbereik van 13,9% (Scholtens et al., 2022). De eigenaar van het AD, DPG Media, zegt zich volop in te zetten op onafhankelijke journalistiek en een veilige en inclusieve organisatie. Het AD zorgt voor een variatie in dit onderzoeksprogramma, omdat het met 65.000.000 bezoekers significant groter is dan de andere nieuwssites en bovendien ook veel regionaal nieuws brengt (Similarweb, z.d.; DPG Media, z.d.; Wikipedia-bijdragers, 2022).
- GeenStijl voldoet zoals gezegd niet aan de eis dat het

medium streeft naar objectiviteit. Ook krijgt het als enige geen overheidssubsidie. GeenStijl is opgericht in 2003 en heeft ongeveer 10.000.000 bezoekers per maand (Similarweb, z.d.). Opvallend is het grote aandeel hoogopgeleiden dat de site bezoekt: in 2009 was 72% van de bezoekers hoogopgeleid. Dat staat in schril contrast met bijvoorbeeld het AD, waar 'slechts' 40% hoogopgeleid is (STIR, 2009). Een ander kenmerk van deze nieuwssite is het gebruik van pseudoniemen voor auteurs, zoals 'Mosterdam', 'Struikrover' en 'Pritt Stif'. GeenStijl geeft aan op haar site: 'Op GeenStijl wisselen nieuwsfeiten, schandelijke onthullingen en journalistiek onderzoek elkaar af met luchtige onderwerpen en prettig gestoorde onzin (GeenStijl, z.d.).' Dit medium is waardevol voor dit onderzoek, omdat het onderscheid voor wat betreft journalistieke werkwijze groot is ten opzichte van de drie andere sites.

Belangrijk om te vermelden is dat alleen nieuwsartikelen zijn meegenomen in het onderzoek. Opiniestukken, videofragmenten en overige artikelen die niet aangeduid worden als 'nieuws' worden niet behandeld. Hiervoor geldt dezelfde reden als bij de gratis en betaalde artikelen: enkel de nieuwssites zijn als variabelen gebruikt. Het soort artikelen dat binnen deze sites gebruikt wordt voor het onderzoek moet zoveel mogelijk hetzelfde doeleinde hebben, namelijk de lezer gratis voorzien van (snel) nieuws middels geschreven taal.

Er is besloten de nieuwssites te onderzoeken op twee thema's, namelijk 'klimaat' en 'asielbeleid'. Hier is de afgelopen jaren veel over gepubliceerd. Tevens zijn deze twee onderwerpen heel verschillend, wat ervoor zorgt dat de resultaten veelomvatter zijn. Klimatologie is namelijk in tegenstelling tot het asielbeleid een wetenschapsgebied (Wikipedia-bijdragers, 2021).

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt als volgt:

In hoeverre zijn er verschillen in betrouwbaarheid van de berichtgeving over de thema's 'klimaat' en 'asielbeleid' bij nieuwssites Joop, AD, Scientias en GeenStijl?

Niet alle vier de nieuwssites worden onderzocht op beide onderwerpen. Bij GeenStijl wordt alleen gekeken naar artikelen over asielbeleid, omdat het medium te weinig publiceert over het klimaat. Bij Scientias wordt juist alleen gekeken naar klimaatgerelateerde artikelen, omdat zij nauwelijks artikelen maken over asielbeleid, aangezien ze meer op wetenschap gericht zijn. Bij het AD en Joop zijn wel beide onderwerpen onderzocht. Doordat bij deze twee nieuwssites niet één, maar twee onderwerpen zijn bestudeerd, kunnen eventuele verschillen in berichtgeving tussen beide onderwerpen binnen hetzelfde medium worden aangetoond.

2. Theoretisch kader

In de introductie is vermeld dat nieuwsjournalisten de taak hebben de lezer zo goed mogelijk te informeren over de feiten (Roggeveen, 2018; Wikipedia-bijdragers, 2022; Wijnberg, 2017; Wikipedia-bijdragers, 2022). In de Code van Bordeaux wordt zelfs gesproken over een 'werkelijkheid zoals de journalist die aantreft'. Nieuwsuur (NOS), dat volgens een peiling (n=2.031) met een rapportcijfer van een 6,9 het meest betrouwbare actualiteitenprogramma is (Neben & Verheggen, 2021), geeft aan 'te streven naar een beschrijving van de werkelijkheid met een zo groot mogelijk waarheidsgehalte.' Echter, de term 'werkelijkheid' en 'waarheid' zijn niet zwart-wit en kennen geen eenduidige definitie. Men

sprekt liever over waarheidstheorieën, die de waarheid kunnen benaderen (IFJ, z.d.). Twee gebruikelijke theorieën zijn de correspondentietheorie en de coherentietheorie. Eerstgenoemde theorie spreekt over waarheid als datgene wat gezegd wordt correspondeert met de werkelijkheid. Met andere woorden: als dat wat gezegd wordt precies overeenkomt met de werkelijkheid (Van Dale, z.d.; Wikipedia-bijdragers, 2020). Bij deze theorie is onomstotelijk dat niet achterhaald kan worden wat de werkelijkheid inhoudt. De coherentietheorie is gebaseerd op een acceptatie van waarheid, waarin het waarheidsgehalte wordt bepaald aan de hand van eerder gedane uitspraken. Dit houdt in dat een uitspraak juist is wanneer deze overeenkomt met andere uitspraken (Gogh, 2013; Wikipedia-bijdragers, 2016). Het is dus niet realistisch dat een journalist exact de werkelijkheid beleeft. Er bestaan meer dan de twee zojuist genoemde theorieën van de werkelijkheid en bovendien zijn filosofen, zoals Michel Foucault, ook van mening dat de werkelijkheid niet te vangen is in taal (Roggeveen, 2018). Mocht de journalist dan toch de waarheid aantreffen, dan moet hij zijn observatie ook nog kunnen kaderen in woorden, alvorens hij de lezer bereikt. Tijdens dit proces, het zogeheten onderdeel 'nieuwsproductie' (Buijs, 2014), worden verschillende subjectieve keuzes gemaakt die de leeservaring van de lezer beïnvloeden. Hieronder wordt een aantal factoren genoemd dat ervoor zorgt dat artikelen op allerlei gebieden variëren:

- De journalist schrijft een tekst, gebaseerd op een eigen ervaring of op bronnen. Hierbij probeert hij middels het gebruik van taal duidelijk te maken waaraan hij refereert (NVJ, 2023). De keuze om bepaalde woorden wel of niet te gebruiken, is van invloed op de betekenis van de tekst. Filosoof Willard Van Orman Quine stelt met zijn stelling 'the inscrutability of reference meaning' dat termen geen exacte eenduidige referentie hebben. Bij individuen, en dus journalisten, schemert het eigen idiolect door (Quine & van Orman, 1960; Wikipedia-bijdragers, 2022). Dat is een soort privé-taal, die voor elk persoon verschillend is (Wikipedia-bijdragers, 2019). Bij elke tekst of conversatie raadpleegt een journalist dus zijn eigen privé-woordenboek.
- Als voortzetting van het zojuist beschreven stuk, maakt een journalist gebruik van bijvoeglijke naamwoorden. Soms ligt in deze woorden een mening verscholen. Enkele voorbeelden zijn: 'een uitzonderlijk vonnis', 'een ingrijpende operatie' en 'een belachelijk idee'. Het is dan onduidelijk wat deze bijvoeglijke naamwoorden exact betekenen; het is een interpretatie (Zijlmans, 2011). Ook modale werkwoorden en modale bijwoorden, welke een houding ten opzichte van een werkwoord of spreker aangeven, zijn lexicogrammaticale indicatoren van subjectiviteit. Voorbeelden zijn: 'helaas', 'gelukkig' en 'hij moet eten' (Vis, 2011; Vermeulen, 2013). Deiktische elementen, zoals 'hier', 'gisteren' en 'meer naar links', verwijzen naar iets wat buiten de mededeling ligt en zijn ook niet objectief (Vis, 2011; DBNL, z.d.).
- De journalist kiest een vertelafstand, dit wordt vaak de Erzähldistanz genoemd. Er zijn drie soorten teksten te onderscheiden, namelijk de vertellerstekst, de personagetekst en de tekstinterferentie (Vermeulen, 2013; Lok, 2009; Arkink, 2013; Smulders, 2006). De vertellerstekst kenmerkt zich doordat er alleen informatie wordt gegeven door de schrijver zelf, terwijl

de personagetekst de bron als het ware laat spreken met de lezer. Een personagetekst bevat veel citaten, waardoor de bron dichterbij lijkt. Tekstinterferentie is een combinatie van de personagetekst en de vertellerstekst. Uit een onderzoek uit 1993 is gebleken dat wanneer uitingen worden weergegeven als een direct citaat, er betrouwbaarheid en betrokkenheid wordt gecreëerd (Sanders & Redeker, 1993). Tussen 1950 en 2002 is het gebruik van directe citaten in nieuwsmedia toegenomen en is ook het aantal subjectieve indicatoren in deze citaten toegenomen (Zijlmans, 2011 & Vis, 2011).

- De politieke voorkeur van een journalist of redactie kan het nieuwsaanbod ook beïnvloeden. Wereldwijd zijn journalisten vaker links dan rechts. In een Nederlands onderzoek van Deuze geeft 47% van de gevraagde journalisten aan 'een beetje links' te zijn en 31% noemt zichzelf 'zeer links' (Deuze, 2002). Een Amerikaans biologisch onderzoek heeft aangetoond dat politieke ideeën samenhangen met persoonlijke voorkeuren. Volgens de onderzoekers zouden conservatieven heftiger reageren op akelige beelden dan liberalen (van der Woude, 2014). Het spectrum genaamd 'The Media Bias Chart', laat zien dat bij veel media duidelijk valt op te merken welke politieke stroming zij ambiëren. Zo zijn The Guardian en CNN in te delen in 'overwegend links' en is de Amerikaanse nieuwszender Fox News zelfs 'zeer rechts' (Krum, 2022). Ook valt hieruit op te merken dat er een correlatie is tussen (extreem) rechtse of linkse media en het plaatsen van misleidende dan wel selectieve informatie.
- De tijdgeest speelt een rol in de variatie van schrijfstijl van journalisten: journalisten brachten het nieuws sinds 1980 steeds persoonlijker, lezers konden zich er steeds beter in vinden en het perspectief veranderde (Raad voor Maatschappelijke Ontwikkeling, 2003). Ook is het taalgebruik veranderd, dit is tegenwoordig meer genderneutraal, gedekoloniseerd en inclusief. Nieuwsredacties zouden vaker tekstuele aanpassingen doen, om woorden als 'autochtoon' en 'allochtoon' te mijden, vaker non-binair taalgebruik toe te passen en de woorden 'blank' en 'gekleurd' te vervangen in 'wit' en 'zwart' (Jap-Sam & Rubio 2021). Daarnaast lijkt de journalistieke persvrijheid in Nederland af te nemen (Free Press Unlimited, 2022). "Het is zeer triest en zorgelijk dat journalisten steeds minder als onafhankelijk waarnemer worden gerespecteerd", stelt Bruning van de Nederlandse Vereniging van Journalisten, waarbij hij benoemt dat de afgelopen jaren veel journalisten zijn belaagd tijdens corona-, boeren- en klimaatdemonstraties (NVJ, z.d.).
- Een andere oorzaak van variatie kan het verschil in de diversiteit van de nieuwsredacties zijn, waarbij ervan wordt uitgegaan dat onder andere de achtergrond, gender en persoonlijke voorkeur een rol spelen in de manier waarop een journalist nieuws schrijft (Van Spilbeeck, 2013, in De Swert & Wouters, 2012, p. 7). Zo is het geen geheim dat de verdeling tussen man en vrouw, werkzaam in de journalistiek, niet fiftyfifty is. Slechts 28% van de mensen werkend in de Nederlandse journalistiek is vrouw (Free Press Unlimited, 2020). Ook is de verhouding tussen studenten journalistiek die een migratieachtergrond hebben en autochtone studenten journalistiek niet representatief voor de Nederlandse bevolking. Ongeveer 7% van de studenten journalistiek heeft een

migratieachtergrond, terwijl in Nederland 24,3% van alle bewoners een migratieachtergrond heeft (CBS, z.d.). Wanneer er onvoldoende diversiteit is in de media, kunnen groeperingen vertrouwen verliezen in de media. Uit onderzoek blijkt dat er onder de zwarte bevolking weinig vertrouwen is in hoe de media zwarte gemeenschappen portretteren (Center for Media Engagement, z.d.).

- Een recente studie van PR-Dashboard stelt dat journalisten vaak binnen no-time bepalen of een persbericht de moeite waard is om te publiceren. Driekwart neemt er minder dan 10 seconden voor (Mulder, 2020). 33% van de journalisten zou er zelfs maar 5 seconden voor nodig hebben! De helft van de journalisten geeft aan dat ze minder dan een derde van de ontvangen pushberichten helemaal leest. Wanneer in zo'n korte tijd een keuze wordt gemaakt, is het de vraag in hoeverre het onderbewustzijn van de journalist (en dus de achtergrond, opleiding e.d.) een rol speelt bij het selecteren en hoeveel nieuws er over het hoofd wordt gezien.

Tot slot blijft journalistiek altijd een spel tussen journalist en redactie (Van Zoonen, 1998), waarbij journalisten meestal op autonomie gesteld zijn en de redactie vaste patronen en (ongeschreven) regels hanteert (Breed, 1955, Vasterman & Aerden, 1995). Niet alles wat journalisten willen vertellen wordt daadwerkelijk gepubliceerd. Uit Amerikaans onderzoek blijkt dat de autonomie van journalisten sinds de jaren '80 is verzwakt, wat een negatief gevolg kan hebben op de mediapluriformiteit. Dat wil zeggen dat de verscheidenheid aan media afneemt, doordat journalisten niet in staat zijn vrijuit te schrijven. De werkwijzen van de nieuwsredacties evolueren ook met de tijd. Veel hoofdredacties zetten tegenwoordig volop in op online nieuws, waarbij de snelheid van publicatie een grote rol speelt. Berichtgeving maakt een verschuiving, van papierwerk naar online (Tameling, 2015).

3. Methode

In dit onderzoek wordt in kaart gebracht in hoeverre deze zojuist genoemde 'subjectieve keuzes' een verschil aanbrengen in de artikelen bij verschillende nieuwssites. Hier is een strategisch beoordelingsmodel voor ontworpen. De tien onderstaande punten zijn sterk gebaseerd op de informatie uit het theoretisch kader, waaruit blijkt dat onder andere deze punten onderdeel zijn van de variatie tussen verschillende artikelen. Er is dus een selectie gemaakt uit de punten die in het theoretisch kader staan, gebaseerd op de factoren die een artikel het meeste laten variëren. Sommige lexicogrammatie subjectieve indicatoren en vertelperspectieven gaan bijvoorbeeld erg in op de grammatica van de tekst, terwijl in dit paper de nadruk ligt op meer globale verschillen in berichtgeving en het beoordelen van zoveel mogelijk artikelen. Ook was er geen inzage in de nieuwsselectie mogelijk: artikelen die niet worden geselecteerd en gepubliceerd, zijn simpelweg niet te vinden. De volgende tien aspecten worden meegenomen bij het kwalitatieve onderzoek naar verschillen in berichtgeving:

1. Het artikel benoemt de belangrijkste feiten in het begin (Ombudsman, 2020; Mindich, 2000)
2. Het artikel maakt onderscheid tussen feiten en meningen (Rijssemus, 2014; NVJ, 2023)
3. Het artikel behandelt verschillende invalshoeken van een onderwerp (Buijs, 2014; Ombudsman, 2020; Mindich, 2000)
4. Het artikel bevat een feitelijke titel die de inhoud

representeert (Baraniak, 2021)

5. Het artikel is controleerbaar middels bronnen (NVJ, 2023; Ombudsman, 2020; Mindich, 2000; Buijs, 2014)
6. Het standpunt van beschouwing: vanuit welk(e) oogpunt(en) het artikel geschreven wordt, in dit onderzoek verder aangeduid als 'perspectief'
7. De naam van de auteur
8. De naam van de bron
9. De datum van publicatie van het artikel
10. De hoeveelheid zoekresultaten die getoond wordt na het invoeren van de termen 'klimaatverandering' of 'klimaatcrisis' bij het onderwerp klimaat en 'asielzoeker(s)' of 'vluchteling(en)' bij het onderwerp asielbeleid in de zoekbalk van het desbetreffende nieuwsmedium

De nadruk ligt op de eerste vijf aspecten van het onderzoek. Die gaan over het thema 'objectiviteit' en worden beoordeeld middels een puntensysteem. De resultaten van de overige aspecten kunnen verdere diversificatie van nieuwssites weergeven en zo mogelijk de hoofdvraag ondersteunen. Onderdeel zes is bijvoorbeeld van belang, omdat het iets vertelt over het standpunt van beschouwing dat veelal wordt gekozen om een onderwerp te belichten. Sommige media kiezen ervoor om artikelen vanuit onderzoeksresultaten uit de wetenschap te schrijven en andere schrijven vaak over politieke zaken. Doordat bij het zevende onderdeel de auteur wordt genoteerd, kan worden nagegaan hoeveel variatie er zit in de schrijvers. Aspect acht kan zichtbaar maken hoe vaak een medium een bron raadpleegt en hoeveel variatie er in deze bronnen zit. Aspect negen geeft weer welke verschillen in datum van publicatie er zijn tussen de nieuwssites. Het tiende en laatste onderdeel van dit onderzoek heeft, in tegenstelling tot de overige punten, betrekking op alle artikelen die de nieuwssite heeft gepubliceerd. Hiervoor hoeven dus geen artikelen te worden gelezen. Dit betreft namelijk de totale hoeveelheid zoekresultaten aan artikelen die wordt getoond nadat een specifieke term in de zoekmachine van die site wordt getypt. Om deze reden maakt onderdeel tien geen deel uit van het beoordelingsmodel, want dat wordt alleen gebruikt bij het lezen van de artikelen. Op veel vlakken is rekening gehouden met de validiteit en betrouwbaarheid van het consistent invullen van de beoordelingsmatrix bij elke nieuwssite. Dit is uitgewerkt in de discussie, onder het kopje 'validiteit'.

Van de hierboven genoemde onderzoekscriteria is een strategisch model gemaakt, dat is weergegeven in bijlage 1. Van elk van de vier nieuwssites zijn 40 of 50 artikelen per onderwerp onderzocht. Dit houdt in dat bij het AD en Joop dubbel zoveel artikelen zijn onderzocht, omdat deze media zijn onderzocht op twee onderwerpen. Om artikelen te vinden over de onderwerpen, is de zoekfunctie op de desbetreffende website gebruikt. De termen 'klimaat' respectievelijk 'asielbeleid' zijn als zoekcriterium ingevuld in de zoekbalk.

Het strategisch beoordelingsmodel is speciaal ontworpen voor dit onderzoek en is sterk gebaseerd op de theorie die vermeld is in het theoretisch kader. De juistheid van dit model is daarentegen niet aangetoond, want er is geen wetenschappelijk bewijs dat dit strategisch model met bijbehorende criteria in staat is exact de verschillen kenbaar te maken zoals die kenbaar willen worden gemaakt. Oftewel, het betreft een ontwerp, dat gemaakt is middels de gegevens uit de Code voor de Journalistiek en diverse andere journalistieke onderzoeken, rondom het thema 'objectiviteit'. Een belangrijke notie bij het gebruik van dit strategisch onderzoeksmodel, is dat dit

onderzoek specifiek eventuele verschillen in berichtgeving wil aantonen en niet het doel heeft cijfermatig te oordelen over de mate van objectiviteit van een nieuwsmedium. De cijfers worden gebruikt om een verhouding aan te geven. De vraag is dus niet: ‘hoe betrouwbaar zijn de artikelen van deze nieuwssite?’, maar: ‘hoe verhoudt de berichtgeving van deze nieuwssite zich ten opzichte van andere onderzochte nieuwssites?’

Aan de hand van wat bekend is over objectieve berichtgeving en de eisen die daar onder andere aan worden gesteld, zijn deelvragen ontworpen. De beantwoording van deze vragen over 40 of 50 artikelen geeft een beeld over de mate van objectiviteit in de berichtgeving. Wanneer een artikel voldoet aan de eisen, krijgt het vanzelfsprekend alle vijf de punten toegekend en wordt het artikel gezien als relatief objectief en betrouwbaar. Echter, indien een artikel niet aan een of meerdere van de opgestelde criteria voldoet, wordt geen punt voor de desbetreffende eis(en) gegeven. Doordat per deelvraag is bijgehouden hoeveel punten het medium heeft gekregen, valt achteraf na te gaan aan welke criteria het medium gemiddeld genomen het best voldoet en welke in vergelijking slechter scoren. Zo valt niet alleen te zeggen of een medium in vergelijking met de anderen meer of minder betrouwbaar is, maar is ook direct af te leiden bij welk onderdeel van objectiviteit het grootste verschil optreedt. Voor elke deelvraag is in bijlage 2 opgesteld wanneer wel of geen punt wordt uitgereikt. Bij het al dan niet uitreiken van een punt bij één van de vijf deelvragen over ‘objectiviteit’, wordt nagegaan of de deelvraag bevestigend kan worden beantwoord. Hiervoor zijn criteria uitgeschreven in bijlage 2, die wederom gebaseerd zijn op het theoretisch kader. Een voorbeeld hierbij is dat een mening in een nieuwskop over het algemeen niet wordt gezien als feitelijk, behalve wanneer deze mening onderdeel is van een citaat. Dan is het namelijk een uitspraak van iemand en is het dus een feit (LibGuides, z.d.). Op vergelijkbare wijze zijn bij de overige vragen criteria geschreven voor het wel of niet toekennen van een punt, die op informatie uit de Code van Bordeaux beruften, dan wel gebaseerd zijn op wetenschappelijke journalistieke onderzoeken. In uitzonderlijke gevallen is een halve punt toegekend, omdat in deze situaties niet duidelijk op te maken valt of het artikel aan de voorwaarde voldoet. De motivatie hiervoor is dat bij het geven van een halve punt in deze gevallen, de totale score van alle artikelen minder wordt beïnvloed door mogelijk foute puntentoekenningen. Om de resultaten voor objectiviteit goed en overzichtelijk te kunnen verwerken, is ervoor gekozen om bij elk medium een gemiddelde te berekenen door alle punten die gescoord zijn bij het onderdeel objectiviteit bij elkaar op te tellen en vervolgens te delen door het aantal artikelen. De uitkomst ligt hierdoor altijd tussen 0 en 5 en maakt het gemakkelijker om de media en onderwerpen met elkaar te vergelijken. Naast de gemiddelde score voor het onderdeel objectiviteit is ook per vraag binnen dit onderdeel berekend hoeveel punten er gemiddeld worden gescoord.

Naast de vragen over objectiviteit, is er onder andere gekeken naar het perspectief dat de artikelen weergeven. Dit wordt ook wel ‘het frame’ of ‘framing’ genoemd. Framing betreft de manier waarop het nieuws aan het publiek wordt aangeboden (Broer, 2010). Het is de invalshoek die voor een bericht wordt gekozen (Pander Maat & de Jong, 2013). In dit onderzoek is bij elk artikel genoteerd van waaruit de situatie wordt omschreven. Dit is namelijk verschillend per artikel en kan een aanvulling

zijn op de rest van de gegevens die worden verzameld. Er is voor gekozen om niet alle mogelijke perspectieven te turven, maar een selectie te maken van vijf perspectieven per onderwerp. Bij de klimaatartikelen zijn dat: ‘politiek’, ‘activisme’, ‘maatschappij’, ‘gebeurtenis’ en ‘wetenschap’. Bij de asielbeleidartikelen zijn dat: ‘politiek’, ‘activisme’, ‘maatschappij’, ‘gebeurtenis’ en ‘asielzoekers’. Deze keuze is gemaakt met als doel de resultaten zo overzichtelijk mogelijk te houden. Onder invalshoek ‘politiek’ worden alle gemeenten in Nederland en alles rondom politiek Den Haag gerekend. ‘Activisme’ omvat organisaties en burgers die zich actief inzetten voor of tegen het klimaat- of asielbeleid (Van Dale, z.d.). Het artikel wordt maatschappelijk benaderd als de gewone burger, zonder machtspositie, aan het woord gelaten wordt. ‘Gebeurtenis’ wordt aangevinkt wanneer de aanleiding voor het schrijven van het artikel gebaseerd is op een enkele gebeurtenis. Dit is bijvoorbeeld het geval als er wordt bericht over een enkele tropisch hete dag. Wanneer niet duidelijk is tot welk soort perspectief het artikel behoort, wordt ‘overig’ genoteerd. Bij GeenStijl is nog een extra perspectief geturfd, genaamd ‘van de schrijver’, omdat gaandeweg duidelijk werd dat dit medium zeer vaak vanuit de visie van de schrijver een artikel maakt en het dus relevant is het gebruik van dit perspectief te turven.

Aspect tien heeft betrekking op alle artikelen die een medium heeft gepubliceerd. Er is gekeken naar de hoeveelheid zoekresultaten die wordt getoond na het invullen van een subjectief begrip. De resultaten zijn genoteerd door het aantal zoekresultaten in de zoekbalk van het medium per begrip te noteren en dit vervolgens te verwerken in een cirkeldiagram. Hieruit valt dan op te merken welke (toonaangevende) woorden vaak worden gebruikt. Bij het onderwerp ‘klimaat’ worden veelal de woorden ‘klimaatverandering’ en ‘klimaatcrisis’ gebruikt. Deze woorden hebben niet dezelfde betekenis. Het woord ‘(klimaat)verandering’ suggereert dat iets wijzigt, of anders wordt (Van Dale, z.d.). Echter, ‘(klimaat)crisis’ impliceert een zware noodsituatie, waarbij het functioneren van iets zwaar verstoord raakt (Wikipedia-bijdragers, 2022). Wanneer een nieuwssite structureel vaker van klimaatcrisis spreekt dan van klimaatverandering, kan dit de opinie van het medium over het klimaat prijsgeven. Er is dan ook geen wetenschappelijk bewijs voor een klimaatcrisis. ‘Een zware noodsituatie’ is dus een eigen interpretatie van het medium op de bewezen verandering die plaatsvindt in het klimaat. In de berichtgeving over asielbeleid worden de termen ‘vluchteling’ en ‘asielzoeker’ vaak door elkaar gebruikt. Ook deze woorden hebben een verschillende betekenis. Een asielzoeker is een persoon die internationale bescherming zoekt, om welke reden dan ook. Een vluchteling is iemand die zijn eigen land is ontvlucht, vanwege oorlog, geweld of vervolging. Zij die een vluchtelingenstatus krijgen, zijn dan officieel ‘vluchteling’, volgens de definitie van het Vluchtelingenverdrag (Amnesty International, 2022; Stichting Vluchteling, 2021). De interpretatie van de lezer speelt hier een grote rol, want het Nederlandse volk staat een stuk positiever tegenover het opvangen van vluchtelingen dan van asielzoekers. Met 77% bereidheid voor het opvangen van vluchtelingen die het eigen land zijn ontvlucht door oorlog of vervolging en slechts 23% bereidheid voor het opvangen van economische asielzoekers afkomstig van buiten de EU, is er een duidelijk onderscheid in draagvlak te zien (CBS, 2018).

De naam van de auteur en de bronnen zijn genoteerd en

geturfd. De resultaten laten de verscheidenheid aan schrijvers en bronnen zien. Bij de artikelen waaruit niet valt op te maken wie de auteur is of wanneer geen enkele bron is gebruikt, is deze stap overgeslagen.

4. Resultaten

De hoofdresultaten zijn gebaseerd op het strategisch model dat punten toekent aan ieder onderdeel. Hoe hoger de gemiddelde score, hoe beter het medium heeft gescoord op deze indicatoren van betrouwbaarheid. In dit onderzoek kennen we hoofdresultaten en deelresultaten. Het hoofdresultaat omvat de inhoud van bijlage 3 en 4. Bijlagen 5 tot en met 7 bevatten deelresultaten en geven verdere variaties tussen de nieuwssites en de artikelen weer, waarvan de correlatie met objectiviteit niet overduidelijk is.

4.1 Bijlagen

- Bijlage 1 bevat het beoordelingsmodel waar gebruik van is gemaakt voor dit onderzoek
- In bijlage 2 staat de werkwijze die is gebruikt bij het invullen van het beoordelingsmodel
- In bijlage 3 zijn de gemiddelde scores per nieuwssite en onderwerp vermeld
- In bijlage 4 zijn de gemiddelde scores van het beoordelingsmodel per vraag weergegeven
- In bijlage 5 staat het gebruikte perspectief van de artikelen en het gebruik van subjectief woordgebruik
- In bijlage 6 staat v.l.n.r. hoe vaak in de onderzochte artikelen de naam van de auteur wordt vermeld, hoeveel verschillende auteurs er zijn opgemerkt en hoeveel artikelen de drie meest voorkomende auteurs hebben geschreven en tot slot, hoe vaak de drie meest voorkomende bronnen zijn geraadpleegd
- In bijlage 7 is te zien hoe lang geleden de publicaties zijn geweest, gesorteerd op nieuwssite en onderwerp

Bijlagen 3 tot en met 7 bevatten de onderzoeksresultaten die voortvloeien uit het beoordelingsmodel in bijlage 1, in combinatie met de werkwijze die weergegeven is in bijlage 2. In de derde en vierde bijlage is te zien dat de scores per medium verschillen. Zo scoort het medium Joop bij het onderwerp klimaat vrij constant, maar heeft het een uitschieter naar beneden bij de voorwaarde dat het artikel beide kanten benadrukt. Scientias scoort bij alles rond de 85%, maar blijft bij de score voor een feitelijke titel achter. Het AD heeft bij beide onderwerpen veruit het beste resultaat voor de titel. Bij de bronvermelding valt Scientias het meeste op. In tegenstelling tot de andere media, benoemen zij bijna altijd de bron in een vast kader onderaan de pagina. GeenStijl heeft bij alle onderdelen de laagste score. Ook het gemiddelde puntenaantal (bijlage 3) van GeenStijl is met 1,21 een stuk lager dan van de overige kandidaten. Alleen het puntentotaal voor het vermelden van de bron(nen) komt nog enigszins in de buurt bij de andere media. De vijfde bijlage geeft weer vanuit welk perspectief de nieuwssite het meest schrijft en hoe vaak bepaalde subjectieve termen worden gebruikt. Joop spreekt het meest van een 'klimaatcrisis', wat erop duidt dat ze vaker een interpretatie geven aan het klimaat dan de overige media. Scientias gebruikt daarentegen bijna nooit het woord 'klimaatcrisis', wat mogelijk correleert met het feit dat ze in hun missie aangeven alleen wetenschappelijk onderbouwde informatie te willen publiceren. Het AD scoort bij de cirkeldiagrammen voor de verhouding in woordkeuze bij zowel 'klimaat', als bij 'asielbeleid' tussen Joop

en Scientias of GeenStijl in. Joop onderscheidt zich met name bij de berichtgeving omtrent het klimaat, omdat vaker vanuit activistische bewegingen wordt geschreven en bovendien het toonaangevende woord 'crisis' het meest wordt gebruikt. Ook wordt vaak vanuit het politieke standpunt naar het klimaat gekeken. Mogelijk hebben deze gegevens een verband met het feit dat Joop aangeeft linksgeoriënteerd te zijn. De missie van GeenStijl om 'tendentieus en ongefundeerd nieuws' te brengen is niet alleen zichtbaar in het aantal punten dat zij behalen in bijlagen 3 en 4, maar ook uit de gegevens over perspectieven en woordgebruik in bijlage 5 blijkt dat GeenStijl afwijkt van de andere nieuwssites. Het woord 'asielzoeker(s)' wordt structureel vaker gebruikt. Bekend is dat dit woord minder activatie oproept bij de lezer dan het woord 'vluchteling' (CBS, 2018). Helemaal opvallend is dat GeenStijl bij maar liefst alle beoordeelde artikelen vanuit het standpunt van de schrijver bericht.

De zesde bijlage laat zien dat Scientias altijd de schrijver van het artikel vermeld. Joop en GeenStijl doen dit veel minder vaak. GeenStijl en Scientias laten minder diversiteit zien bij het aantal verschillende schrijvers dat is geconstateerd. Bij het AD worden meer verschillende schrijvers gebruikt voor de artikelen over deze onderwerpen. Opmerkelijk is dat Joop bij alle klimaatartikelen maar één keer een schrijver heeft vermeld. De resultaten voor het brongebruik laten zien dat het AD relatief vaak politieke of regionale bronnen aanhaalt. Scientias valt op, omdat het bij alle artikelen gebruik maakt van een wetenschappelijk onderzoek. Joop verwijst vaak naar The Guardian en overige buitenlandse bronnen.

De zevende bijlage bevat de gegevens over de datum waarop de artikelen zijn geplaatst op de nieuwssite, ten aanzien van 6 december 2022. Duidelijk wordt dat bij het AD veelal recente artikelen zijn geraadpleegd bij zowel het onderwerp klimaat als asielbeleid. Scientias, daarentegen, heeft over het algemeen meer artikelen die meer dan een jaar geleden zijn geplaatst. Ook Joop heeft veel artikelen uit de categorie één tot vijf jaar geleden en langer dan vijf jaar geleden op het gebied van klimaat. Op het gebied van asielbeleid zijn de publicaties allemaal binnen hetzelfde jaar. De publicaties van GeenStijl zijn over het algemeen ook vrij recent.

5. Conclusie

5.1 Hoofdzaak

Uit bijlage 3 blijkt dat het AD, vergeleken met de andere nieuwssites Joop, Scientias en GeenStijl, volgens het strategisch model het meest betrouwbaar is van de vier nieuwssites, met scores van 4,21 en 3,94. Zowel op gebied van klimaat als asielbeleid scoort het AD hoger op gebied van betrouwbaarheid. De nieuwssite GeenStijl lijkt in vergelijking met de andere nieuwssites minder betrouwbaar, met een score van 1,21 in bijlage 2. GeenStijl is dus op basis van dit onderzoeksmodel veruit het minst betrouwbaar. Joop en Scientias bevinden zich tussen GeenStijl en het AD in, waar Scientias met 4,12 nog het dichtst in de buurt komt bij het AD. Er kan op basis van dit model geconcludeerd worden dat er wel degelijk verschillen zijn in de objectiviteit van de nieuwssites.

5.2 Ondersteunende conclusies van de hoofdzaak

Uit bijlage 4 kan worden geconcludeerd dat het AD en Scientias relatief de hoogste scores hebben per onderdeel, vergeleken met Joop bij het onderwerp 'klimaat'. Bij het onderwerp 'asielbeleid' scoort Joop het hoogst per onderdeel, gevolgd

door het AD. GeenStijl bevindt zich ver onder de scores van het AD en Joop. Opvallend uit deze conclusie is dat Joop ongeveer een halve punt hoger scoort bij de asielbeleidartikelen, terwijl het AD juist iets lager scoort bij de asielbeleidartikelen.

Bijlage 5 toont aan dat alle onderzochte nieuwssites bij het onderwerp klimaat eerder het woord ‘klimaatverandering’ dan ‘klimaatcrisis’ gebruikten in de titels van hun artikelen. Bij het onderwerp asielbeleid is er geen opvallend groot verschil opgemerkt bij de verschillen in zoekterm van ‘vluchtelingen’ en ‘asielzoekers’. Scientias valt bij het groene cirkeldiagram het meeste op, omdat ze in verhouding het minst vaak het woord ‘klimaatcrisis’ gebruiken. Aangezien er geen wetenschappelijk bewijs is voor een crisissituatie, past dit resultaat goed bij de missie van Scientias. Door behaalde resultaten over de gebruikte perspectieven van GeenStijl, kan worden geconcludeerd dat dit medium het minst objectief publiceert. De artikelen gaan alleen in op de visie van de auteurs, die vaak onder pseudoniemen schrijven.

Uit de zesde bijlage kan worden afgeleid dat Scientias het vaakst de schrijver weergeeft. Ook het AD vermeldt vergeleken met de overige nieuwssites vaak de schrijver. De conclusie hieruit is dat deze media betrouwbaarder zijn, omdat duidelijk is welke journalist verantwoordelijk is voor het artikel (NVJ, 2023). Echter, Scientias gebruikt slechts drie verschillende schrijvers voor alle geanalyseerde artikelen. Voor de diversiteit van de auteurs heeft het AD de hoogste score, want bij het AD zijn in totaal 44 verschillende schrijvers opgemerkt. Uit het brongebruik valt op te maken dat Joop relatief veel buitenlandse bronnen gebruikt. The Guardian wordt bijvoorbeeld 8 keer geraadpleegd. Mogelijk is er een verband in politieke zienswijze tussen beide nieuwssites, omdat The Guardian, naast Joop, ook kan worden gezien als een links medium (Krum, 2022). Het AD betreft veel regionale bronnen bij het artikel. Waarschijnlijk heeft dit te maken met de vele regionale kranten die eigendom zijn van het AD. Scientias maakt alleen maar gebruik van wetenschappelijk nieuws, hetgeen overeenkomt met de missie van het bedrijf.

Uit bijlage 7 kan worden geconcludeerd dat bij Joop bij beide onderwerpen relatief veel oude artikelen zijn onderzocht en dat bij het AD in verhouding meer recente artikelen zijn onderzocht. Scientias en GeenStijl hebben meer gevarieerde resultaten.

Uit alle resultaten tezamen wordt duidelijk dat alle media min of meer representatief scoren voor hun missie en visie. Joop wil een ideale nieuwssite zijn en dit komt ook overeen met de resultaten. De perspectieven zijn niet gelijkmatig verdeeld, er wordt bijvoorbeeld veel geschreven vanuit activistische bewegingen en de asielzoekers. De score voor betrouwbaarheid is ook lager dan die van Scientias en het AD. Bij het AD valt vooral op dat zij heel veel publiceren. Uit de hoge score voor de verscheidenheid aan auteurs blijkt dat het AD een grote nieuwssite is. De betrouwbaarheid is dan ook het hoogst. Scientias wordt in dit onderzoek ook gezien als betrouwbaar, ook al hanteert het medium een totaal andere strategie. Tot slot blijkt uit de lage score voor objectiviteit en het eenzijdige perspectief van GeenStijl dat de termen ‘tendentieus’ ‘ongefundeerd’ en ‘nodeloos kwetsend’, die zij zelf vetgedrukt benoemen op hun website, passen bij hun artikelen (GeenStijl, z.d.).

6. Discussie

6.1 Artikelen

Het AD biedt als enige medium betaalde ‘premium’ artikelen aan. Omdat hier geen gebruik van is gemaakt voor dit onderzoek, zijn de scores bij het AD alleen representatief voor de niet-betaalde omgeving van het AD. Ook geeft de website van het AD een bepaald maximum aantal artikelen na het gebruik van de zoekbalk, waarna geen extra artikelen kunnen worden getoond. Om deze reden is bij het AD ook de term ‘klimaatverandering’ gebruikt, om zo überhaupt aan 50 artikelen te komen. Voor dit onderzoek was deze maatregel niet wenselijk, omdat het gebruik van een andere zoekterm bij één medium resulteert in ongewenste variatie. Joop en het AD bieden ook artikelen van columnisten aan. Deze columnisten kunnen ongefundeerde informatie verspreiden, wat het medium in totaliteit minder betrouwbaar maakt. In dit onderzoek zijn dan ook alleen de nieuwsartikelen van deze media onderzocht. Belangrijk is dat de resultaten compleet afhankelijk zijn van de gekozen artikelen: indien er andere artikelen zouden worden onderzocht, waren de resultaten anders geweest. Dit onderzoek is dus een steekproef. Er is gepoogd het onderzoek zo representatief mogelijk te maken, door met name de grotere nieuwssites mee te nemen. De onderwerpen ‘klimaat’ en ‘asielbeleid’ zijn zo gekozen, omdat deze zeer actueel zijn en veel discussiestof bevatten. Het betrekken van alleen deze onderwerpen bij het onderzoek heeft ook een keerzijde, want er valt niet te zeggen wat de resultaten zouden zijn geweest wanneer er andere onderwerpen zouden zijn gekozen. Het onderzoek is niet veelomvattend, maar geeft alleen informatie over de betrouwbaarheid binnen deze twee thema’s. Het staafdiagram in de zevende bijlage is voor alle artikelen gemaakt op 6 december 2022. Er is dus geen rekening gehouden met de datum waarop elk artikel afzonderlijk is onderzocht. Het onderzoeken van de 270 artikelen heeft namelijk meerdere weken in beslag genomen. Daarnaast is in onderdeel zeven van het onderzoek bij iedere auteursvermelding die het woord ‘redactie’ bevatte, geen onderscheid gemaakt in de specialisatie van deze redactie. De gegevens zijn ook niet meegenomen in de zesde bijlage, omdat hier alleen schrijvers met vooren achternaam zijn weergegeven. De pseudoniemen die bij GeenStijl worden gehanteerd zijn hierop een uitzondering. Deze worden wel weergegeven in de derde kolom, genaamd ‘hoeveelheid artikelen per auteur’, maar niet meegeteld in de eerste kolom, ‘naam auteur vermeld’. Een pseudoniem geeft namelijk niet de identiteit van de auteur prijs, maar pseudoniemen kunnen wel wat vertellen over de verscheidenheid aan schrijvers, mits de schrijver steeds één en hetzelfde pseudoniem aanhoudt. Het feit dat Scientias aangeeft ‘populair-wetenschappelijk’ te zijn, kan een reden zijn voor het ietwat lage resultaat voor het gebruiken van feitelijke titels (Scientias, 2021).

6.2 Strategie

In dit onderzoek is ervoor gekozen om een beoordelingsmodel te maken, bestaande uit criteria die objectiviteit kunnen beschrijven. Echter, dit is maar een van de vele maatstaven om betrouwbaarheid te meten. Deze strategie bevat deelvragen die betrouwbaarheid kunnen polsen, met de nadruk op ‘kunnen’. Een onderdeel uit deze strategie, namelijk ‘Wordt het onderwerp van beide kanten belicht?’ kan als overbodig worden gezien, omdat sommige (wetenschappelijke) artikelen geen twee kanten hebben, maar enkel nieuws of feiten weergeven.

Hierdoor kunnen enkele resultaten afwijken, vanwege het feit dat er bij de punten altijd van alle 5 de vragen uit is gegaan. In de strategie wordt tevens de vraag ‘Zijn de belangrijkste feiten als eerste benoemd?’ gebruikt als maatstaf om betrouwbaarheid te meten, maar ook dit is niet per se noodzakelijk voor een betrouwbaar artikel. Deze redenering geldt vanzelfsprekend voor alle deelvragen. Dat het ontbreken van een of meerdere criteria niet direct impact heeft, wil niet zeggen dat het de objectiviteit niet bevordert; dat doet het volgens de Code voor de journalistiek namelijk wel. Maar, de term ‘objectief’ omvat meer dan wat in dit onderzoek is onderzocht. De vijf deelvragen bij het aspect ‘objectiviteit’ van het onderzoek zijn slechts een deel van alle indicatoren van objectiviteit en betrouwbaarheid. Achteraf lijkt de gekozen strategie de juiste, omdat het inzetten van een vast beoordelingsmodel de kans op eigen interpretaties van de onderzoekers sterk beperkt, hoewel deze nog steeds aanwezig blijft.

Het perspectief van een artikel is meegewogen, om zo te kunnen laten zien vanuit welke invalshoek een mediabedrijf vaak of juist bijna nooit aan een stuk begint. Ook kan het een aanvulling geven op de derde deelvraag van het objectiviteitsonderzoek. Een medium kan er namelijk voor kiezen om in een losstaand artikel slechts in te gaan op één kant van het verhaal, maar wel steeds per artikel een andere invalshoek te kiezen. In dat geval biedt het medium de lezer wel verschillende perspectieven, maar beperkt het medium zich tot één perspectief per onderwerp. Wordt steevast één kant van het verhaal belicht en is de verscheidenheid aan perspectieven laag? Dan lijkt het medium minder divers. De gebruikte bronnen voor de onderzochte artikelen zijn ook opgeslagen, want de onderzoekers zijn er gedurende het onderzoek achter gekomen dat bepaalde media vaker gebruik maken van dezelfde bronnen. Dit speelt een rol in de mogelijke oorzaak van verschillen in de berichtgeving van media. Tot slot is er voor gekozen om de datum te noteren, om te kunnen aantonen welke verschillen er zijn tussen diverse media in de hoeveelheid gepubliceerde artikelen. Niet alle onderzochte nieuwssites kunnen evenveel artikelen aanbieden in dezelfde periode.

6.2 Variabelen

Er is een selectie van variabelen gemaakt tijdens het onderzoek, die niet in de onderzoeksvraag zijn opgenomen. Zo zijn de nieuwssites Joop, AD, Scientias en GeenStijl uitgekozen om het onderzoek mee uit te voeren. Dit zijn dan ook de gewenste variabelen voor dit onderzoek. In totaliteit zijn voor dit paper 270 artikelen geanalyseerd en beoordeeld. Er is gekozen voor 25 artikelen per nieuwssite, per onderwerp, per onderzoeker. Echter, bij het onderwerp ‘asielbeleid’ zijn 20 artikelen per nieuwssite, per onderzoeker, onderzocht. Bij ‘asielbeleid’ zijn dus 40 artikelen in totaal per nieuwssite onderzocht. Door deze keuze is er meer tijd vrijgekomen om de andere aspecten van het onderzoek te versterken. De meetgegevens die voortvloeien uit een steekproef met 40 artikelen, zijn vervolgens vermenigvuldigd met 1,25 om zo de resultaten te kunnen vergelijken met de resultaten over klimaatartikelen. Deze compensatie maakt echter de gegevens rondom het onderwerp ‘asielbeleid’ minder betrouwbaar dan de gegevens die zijn verzameld over het thema ‘klimaat’. Er zijn meer variabelen die het onderzoek minder betrouwbaar maken. In bijlage 7 is bijvoorbeeld te zien dat bij de artikelen van de nieuwssites soms grote verschillen zijn in de publicatiedatum.

Het AD plaatst zoveel artikelen over de onderwerpen dat oudere nieuwsberichten nauwelijks meer te vinden zijn. Bij GeenStijl en Scientias is dit probleem omgekeerd. Hier worden juist relatief weinig artikelen gepubliceerd, waardoor veel oude en weinig nieuwe artikelen te vinden zijn. Het onderzoek verloopt natuurlijk minder eerlijk als er oude artikelen van het ene medium worden vergeleken met nieuwe artikelen van het andere medium. Ook het feit dat het onderzoek is uitgevoerd door twee onderzoekers, verlaagt de betrouwbaarheid. Er kan immers niet voor worden gezorgd dat de onderzoekers de artikelen in alle gevallen op precies dezelfde wijze aanvielen. Toch is geprobeerd het onderzoek zo valide mogelijk te maken.

6.3 Validiteit

Middels het verdelen van de artikelen over de beide onderzoekers zijn de gegevens altijd gebaseerd op onderzoek van twee personen. Er zijn van tevoren duidelijke afspraken gemaakt over de beoordeling van objectiviteit. Hierbij zijn duidelijke voorwaarden gedefinieerd, welke zijn te zien in bijlage 2. Per deelvraag is er overleg geweest over hoe de toetsing op dezelfde wijze aangepakt kan worden. De onderzoekers hebben dan ook veel gecommuniceerd, om de verschillen in beoordeling zo klein mogelijk te maken. De volgende punten zijn in acht genomen met betrekking tot het consequent invullen van het strategisch beoordelingsmodel:

- Beide onderzoekers analyseren precies de helft van het totaal aantal aan artikelen; 135 artikelen per onderzoeker. Als er verschillen zijn in wijze van beoordelen tussen de onderzoekers, biedt het gelijk verdelen van het aantal te lezen artikelen tussen de onderzoekers compensatie voor dit verschil.
- De onderzoekers lezen in een tijdsbestek van een week steeds artikelen van hetzelfde medium als de ander. Dit betekent dat de onderzoekers zich gelijktijdig richten op één medium en één onderwerp. Zo speelt een verschil in periode van uitvoering nauwelijks een rol.
- Het model wordt bij elk artikel in dezelfde volgorde ingevuld, namelijk van boven naar beneden, zodat verschillen in wijze van beoordelen geminimaliseerd worden.
- De onderzoekers houden elkaar ten minste één keer per medium, per onderwerp, op de hoogte over het beoordelen van de artikelen. Er wordt hierbij een zogeheten ‘benchmark’ uitgevoerd, waarbij een al ingevuld strategisch model voor de tweede keer wordt onderzocht, ditmaal door de andere onderzoeker. Achteraf zijn de benchmarks vaak met succes volbracht. Indien er toch een afwijking plaatsvond, is er overleg gepleegd.
- De onderzoekers beperken zich tot maximaal tien artikelen om te beoordelen per keer, zodat vermoeidheid het onderzoek niet of nauwelijks beïnvloedt. Een nadeel van deze afspraak is dat de gemoedstoestand van de onderzoeker per keer dat de onderzoeker de artikelen beoordeelt kan verschillen, wat mogelijk de onderzoeksresultaten beïnvloedt.
- Bij het toekennen van punten, bij het onderdeel ‘objectiviteit’ van het strategisch model, is altijd een reden aangegeven. Na afloop van het onderzoek worden al deze redenen voor het wel of niet toekennen van een punt door de andere onderzoeker beoordeeld. Bij aangetoonde verschillen is opnieuw overlegd. Dit wordt gedaan om het onderzoek zo valide mogelijk te maken.

- Tijdens het beoordelen van de artikelen wordt een eigen opinie of interpretatie niet meegenomen bij het invullen van het model. De objectiviteit is enkel weergegeven door feitelijkheden van een artikel 'in te vullen' en niet door zelf een interpretatie te geven aan een artikel.

6.4 Vervolgonderzoek

De behaalde resultaten zorgen voor informatie op het gebied van betrouwbaarheid en diversiteit in specifieke mate van bepaalde nieuwssites. Er kan verder onderzoek gedaan worden naar de impact van het krijgen van verschillende informatie bij mensen. Hierbij kan bijvoorbeeld gekeken worden naar de correlatie tussen stemgedrag en nieuwssites, waarbij er wordt onderzocht of een bepaalde nieuwssite hint naar een bepaalde politieke partij. Ook kunnen andere indicatoren van subjectiviteit worden onderzocht, zoals sentimenteel woordgebruik, de hoeveelheid gebruikte citaten en de vertelafstand. Er kan ook verder worden ingezoomd op de nieuwsredacties of de achtergrond van de auteurs, om zo de diversiteit te onderzoeken en verbanden te kunnen leggen. In dit onderzoek is enkel oppervlakkig naar het brongebruik gekeken, maar in een vervolgonderzoek zouden bronnen verder kunnen worden uitgespit. Dan kan er worden bepaald in hoeverre de informatie uit de bron in het artikel wordt weergegeven en of er eventuele concessies van een bron niet worden genoemd in het nieuwsartikel. In een vervolgonderzoek kunnen ook artikelen uit verschillende tijdsperiodes worden vergeleken, om te onderzoeken of artikelen op bepaalde wijze zijn veranderd tussen bijvoorbeeld het jaar 2000 en 2020. Tevens kan er onderzoek worden gedaan naar de mogelijkheid van een beoordelingsmodel die betrouwbaarheid beoordeelt, die géén voorkeur aan bepaalde bronnen geeft. Zo zou de zwaarte van een scorepunt afhankelijk zijn van de weging, die gesteld wordt op basis van hoe zwaar dat scorepunt meetelt voor betrouwbaarheid. In dit onderzoek is elk van de vijf deelvragen over objectiviteit even zwaar meegewogen.

7. Bibliografie

Arkink, M. (2013, 11 april). Literaire journalistiek. Universiteit Utrecht.

Baraniak, K., & M. Sydow. (2021). "A dataset for sentiment analysis of entities in news headlines (SEN)." *Procedia Computer Science*.

Breed, W. (1955). [PDF] Social Control in the Newsroom: A Functional Analysis | Semantic Scholar. <https://www.semanticscholar.org/paper/Social-Control-in-the-Newsroom:-A-Functional-Breed/53292898d02e721b211d35981df9be4144355717>

Broer, R. (2010). De AOW-leeftijd. Breekpunt? Een onderzoek naar de invloed van framing op attitudevorming tijdens de financiële crisis. Masterscriptie. Utrecht: Universiteit Utrecht.

Buijs, C.M. (2014, 30 oktober). Regiojournalistiek in spagaat: De kwaliteit van het redactieproces in de regionale journalistiek; een case-studie. Universiteit Nijmegen.

Center for Media Engagement. (z.d.). News Distrust Among Black Americans is a Fixable Problem. Center for Media Engagement. <https://mediaengagement.org/wp-content/uploads/2020/11/CME-Report-News-Distrust-Among-Black-Americans-is-a-Fixable-Problem.pdf>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2018, 27 maart). Opvattingen over vluchtelingen in Nederland. Centraal Bureau

Voor De Statistiek.

Centraal Bureau Voor De Statistiek. (z.d.). Hoger onderwijs; gediplomeerden eerste diploma, herkomst 1995/'96-2015/'16. Statline. Centraal Bureau Voor De Statistiek.

Commissariaat voor de media, Lauf, E., & Scholtens, J. (2022). Digital News Report Nederland 2022. Mediamonitor. De maatschappij komt de spreekkamer binnen. (2022, Juni 3). Nederlands Instituut Voor Psychologen.

De Swert, K. & Wouters, R (2012, mei). Objectiviteit een must? Leeronderzoek 2013. Deixis Algemeen letterkundig lexicon. (z.d.). DBNL. https://www.dbnl.org/tekst/dela012alge01_01/dela012alge01_01_04627.php

Deuze, M. J. P. (2002). Journalists in The Netherlands. [Thesis, verweerd bij UvA]

GeenStijl: Tendentius, ongefundeerd & nodeloos kwetsend. (z.d.). <https://www.geenstijl.nl/contact/>

GMMP. (2020). Wie maakt het nieuws? Global Media Monitoring Project 2020. Nationaal verslag Nederland. WACC, Free Press Unlimited, Women INC.

Gogh, M. van. (2013, August 21). Kan de journalistiek de waarheid vangen, wanneer deze niet zwart-wit blijkt te zijn? Hbokennisbank.nl.

International Federation of Journalists. (z.d.). Global Charter of Ethics for Journalists. <https://www.ifj.org/who/rules-and-policy/global-charter-of-ethics-for-journalists.html>

Jap-Sam, M. & Rubio, S. (2021). Diversiteit in de journalistiek: naar handelingsstrategieën voor diversiteit en inclusie in de journalistieke sector. SVDJ en PUBLINC.

Krum, R. (2022, 4 februari). Media Bias Chart- 2022. Cool Infographics.

Lauf, E. & Scholtens, J. & van Dooremalen, S. (2020). CVDM Mediamonitor 2020, commissariaat voor de media.

LibGuides. (z.d.). Academisch lezen: Onderscheid maken tussen feit en mening. Tilburg University.

Lok, A. (2009). Recht van spreken. Perspectief in veertien journalistieke teksten uit een juridische context uit 1950 en 2002. Ongepubliceerde MA thesis. VU Universiteit Amsterdam.

Mindich, D. (2000, 1 juli). Just the Facts: How 'Objectivity' Came to Define American Journalism. New York University Press.

Missie en identiteit. (z.d.). BNNVARA. <https://www.bnnvara.nl/missie-en-identiteit>

Mulder, J. (2020, 10 september). Journalisten bepalen binnen 10 seconden de nieuwswaarde van een persbericht. Adformatie.

Nederlandse Vereniging van Journalisten. (2023, 19 januari). Code voor de journalistiek. <https://www.nvj.nl/themas/journalistieke-praktijk/ethische-regels/code-journalistiek>

Newen, A., & Verheggen, P. P. (2021, 9 februari). Vertrouwen in journalistiek. Motivaction International.

NVJ: pers wordt steeds minder als waarnemer gerespecteerd. (z.d.). ZeelandNet Nieuws. <https://www.zeelandnet.nl/nieuws/nvj-pers-wordt-steeds-minder-als-waarnemer-gerespecteerd>

Ombudsman. (2020). Dossier Objectiviteit. 2: Wat is objectiviteit eigenlijk?. NPO Ombudsman. <https://www.omroepombudsman.nl/uitspraken-en-columns/dossier-objectiviteit-wat-is-objectiviteit-eigenlijk>

Over DPG Media Group. (n.d.). DPG Media. <https://www.dpgmediagroup.com/nl-NL/over-dpg-media>

- Over Joop - Joop. (z.d.). Joop. BNNVARA. <https://www.bnnvara.nl/joop/over-joop>
- Pander Maat, H. & C. de Jong (2013). Selling products and selling news: How news reports reframe product press release information.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative evaluation and research methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc.
- Poell, T., & van Dijck, J. (2015). Democratisering van het nieuws? Sociale media en de onafhankelijkheid van de journalistiek. In J. Bardoel, & H. Wijfjes (editors), *Journalistieke cultuur in Nederland* (2e redactie, blz. 343-359). Amsterdam University Press.
- Quine & van Orman, W. (1960) *Word and Object*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Raad voor Maatschappelijke Ontwikkeling (2003). *Medialogica. Over het krachtenveld tussen burgers, media en politiek*. Den Haag: Raad voor Maatschappelijke Ontwikkeling.
- Rijssenmus, T. (2014, 9 november). De rekbare waarheid: over de objectiviteit van betrokken journalistiek. KRO.
- Roggeveen, L. (2018, juni). Hoe de benadering van het onderwerp dataficering verschilt tussen de journalistiek en de literatuur.
- Sanders, J., & Redeker, G. (1993). *Linguistic perspective in short news stories*. Vrije Universiteit Amsterdam.
- Scholtens, J. & Slabbekoorn, J. & Lauf, E. (2022). *CVDM Mediamonitor 2022, commissariaat voor de media*.
- Scientias. (2021, 6 juni). *Scientias.nl*. <https://scientias.nl/over-scientias-nl/>
- Similarweb. (z.d.). *Similarweb.nl*. <https://www.similarweb.com>
- Smulders W. e.a.(2006). *Werkboek epiek en dramatiek*. Interne publicatie. Departement Nederlands, Universiteit Utrecht.
- STIR stichting internetreclame (2009, maart). *Webmeter. STIR*.
- Tameling, K. (2015). En wat doen we online? *Crossmediale dilemma's op de Nederlandse nieuwsredactie*. Boom Lemma.
- Towards a safer haven: Advancing safety of journalists amidst rising threats in the Netherlands. (2022). *Free Press Unlimited*.
- Van Dale. (z.d.). *Activisme*. <https://www.vandale.nl/gratis-woordenboek/nederlands/betekenis/activisme#.Y-F4GS-ZOUk>
- Van Dale. (z.d.). *Correspondentietheorie*. <https://www.vandale.nl/gratis-woordenboek/nederlands/betekenis/correspondentietheorie#.Y-FxTS-ZOUk>
- Van Dale. (z.d.). *Fabeltjesfuijk*. <https://www.vandale.nl/gratis-woordenboek/nederlands/betekenis/fabeltjesfuijk#.Y-J-CXbMLmU>
- Van Dale. (z.d.) *Verandering*. <https://www.vandale.nl/gratis-woordenboek/nederlands/betekenis/verandering#.Y-F1My-ZOUk>
- Van der Schrier, M. (2021, 23 september). *Zes vragen over Premium: waarom wij geld vragen voor artikelen*. AD.nl. <https://www.ad.nl/achter-de-schermen/zes-vragen-over-premium-waarom-wij-geld-vragen-voorartikelen~a297db62/>
- van der Veer, N. & Boeke, S. & Hoekstra, H. (2020, 25 januari). *Nationale Sociale Media Onderzoek 2020*, Newcom Research & Consultancy B.V. <https://www.newcom.nl/socialmediaonderzoek>
- van der Woude, J. (2014, 30 oktober). *Walging verradt politieke voorkeur*. De Kennis Van Nu. <https://wetenschap-test.ntr.nl/site/artikel/Walging-verraadt-politieke-voorkeur/6800>
- Van Zoonen. (1998). *Women's Politics and Communication*. New York: Hampton Press.
- Vasterman, P.L.M. & Aerden, O. (1995). *De context van het nieuws*. Wolters-Noordhoff.
- Vermeulen, Y. (2013, 24 juli). *Subjectiviteit in journalistieke berichtgeving*. Universiteit Utrecht.
- Vis, K. (2011). *Subjectivity in news discourse: A corpus linguistic analysis of informalization*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].
- Vluchteling of asielzoeker? (2022, 11 april). *Amnesty International*. <https://www.amnesty.nl/wat-we-doen/themas/vluchtelingen-en-asielzoekers/vluchteling-of-asielzoeker>
- Vluchtelingen, asielzoekers, migranten: wat is het verschil? (2021, December 14). *Stichting Vluchteling*. <https://www.vluchteling.nl/nieuws/2018/7/vluchtelingen%2c-asielzoekers%2c-migranten%3a-wat-is-het-verschil>
- Wien, C. (2005). *Defining Objectivity within Journalism*. *Nordicom Review*, 2, 3-15.
- Wijnberg, R. (2017, 24 januari). *Waarom objectieve journalistiek een misleidende en gevaarlijke illusie is*. *De Correspondent*. <https://decorrespondent.nl/6073/waarom-objectieve-journalistiek-een-misleidende-en-gevaarlijke-illusie-is/155650990-09fc1192>
- Wikipedia contributors. (2023, January 1). *Filter bubble*. Wikipedia. Geraadpleegd op 14 januari 2023, van https://en.wikipedia.org/wiki/Filter_bubble#:~:text=A%20filter%20bubble%20or%20ideological%20frame%20is%20a,such%20as%20location%2C%20past%20click-behavior%2C%20and%20search%20history.
- Wikipedia-bijdragers. (2016, 2 februari). *Coherentietheorie*. Wikipedia. Geraadpleegd op 16 januari 2023, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Coherentietheorie>
- Wikipedia-bijdragers. (2019, 18 april). *Idiolect*. Wikipedia. Geraadpleegd op 20 januari 2023, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Idiolect>
- Wikipedia-bijdragers. (2020, November 8). *Correspondentietheorie*. Wikipedia. Geraadpleegd op 20 januari 2023, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Correspondentietheorie>
- Wikipedia-bijdragers. (2021, 20 december). *Klimatologie*. Wikipedia. Geraadpleegd op 12 januari 2023, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Klimatologie>
- Wikipedia-bijdragers. (2022, 11 januari). *Word and Object*. Wikipedia. Geraadpleegd op 12 januari 2023, van https://en.wikipedia.org/wiki/Word_and_Object#:~:text=Word%20and%20Object%20is%20a%201960%20work%20by,%20Two%20Dogmas%20of%20Empiricism%20on%20the%20analytic-synthetic%20distinction.
- Wikipedia-bijdragers. (2022, 19 december). *Crisis (situatie)*. Wikipedia. Geraadpleegd op 15 januari 2023, van [https://nl.wikipedia.org/wiki/Crisis_\(situatie\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Crisis_(situatie))
- Wikipedia-bijdragers. (2022, 28 september). *Joop*. nl. Wikipedia. Geraadpleegd op 3 december 2022, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Joop.nl>
- Wikipedia-bijdragers. (2022, 8 november). *Code van*

Bordeaux. Wikipedia. Geraadpleegd op 9 januari 2023, van https://nl.wikipedia.org/wiki/Code_van_Bordeaux.

Wikipedia-bijdragers. (2022, 30 november). Algemeen Dagblad. Wikipedia. Geraadpleegd op 13 januari 2023, van https://nl.wikipedia.org/wiki/Algemeen_Dagblad

Wikipedia-bijdragers. (2022, 7 oktober). Journalist. Wikipedia. Geraadpleegd op 12 december 2022, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Journalist>

Zijlmans, M. (2011, 17 juni). Geen tsunami van subjectievere mediaberichten. De Volkskrant. <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/geen-tsunami-van-subjectievere-mediaberichten~be65ada3/>

Zweistra, C. (2022). Waarom het probleem 46 met complotdenken ook niet-complotdenkers raakt. Nvbe.

- 1 Het artikel benoemt de belangrijkste feiten in het begin
 2 Het artikel maakt onderscheid tussen feiten en meningen
 3 Het artikel behandelt verschillende invalshoeken van een onderwerp
 4 Het artikel bevat een feitelijke titel
 5 Het artikel is controleerbaar door middel van bronnen

	1 punt	0 punten
1	- Het artikel begint met een samenvatting - Het artikel begint met de belangrijkste informatie om een tekst te kunnen interpreteren - Indien het artikel gebaseerd is op een interview: het artikel begint met belangrijke uitspraken	- Het artikel begint met een mening - Het artikel begint met andere informatie dan wat de titel en/of afbeelding suggereert
2	- Bij feiten staat duidelijk een bron vermeld; bij meningen staat duidelijk vermeld van wie deze afkomstig is - Een mening (van de schrijver) volgt niet direct na een citaat - Meningen worden niet aangedragen als feiten en andersom.	- Feiten bevatten modale werkwoorden en worden beïnvloed door subjectiviteit - Er worden feiten gebruikt waarvoor geen bron is vermeld. - Meningen worden aangedragen als feit.
3	- Het artikel gaat in op mogelijke concessies op dat wat gezegd of beweerd wordt - Het artikel biedt nog een andere invalshoek op het onderwerp dat wordt belicht - Indien een verhaal duidelijk twee of meerdere kanten kent, dan elke kant neemt ongeveer evenveel ruimte in beslag	- Het artikel gaat slechts in op één gekozen perspectief om het onderwerp te belichten en geeft de lezer niet of zeer weinig ruimte een eigen opinie te vormen; de schrijver neemt namelijk (duidelijk) een stelling in. - Indien een verhaal duidelijk twee of meerdere kanten kent: het artikel gaat uitgebreid in op de gekozen kant(en), maar behandelt de andere kant(en) niet of nauwelijks.
4	- De titel is feitelijk en bevat geen subjectief woordgebruik - De titel bevat een citaat en er staat bij van wie dit citaat afkomstig is.	- De titel bevat woorden, waarin een mening verscholen ligt en deze maken geen deel uit van een citaat. - De titel bevat een citaat, maar het is niet duidelijk wie het heeft gezegd - De titel komt compleet niet overeen met de tekst
5	- De informatie uit het artikel is controleerbaar met de aangeboden bronnen - Het artikel maakt duidelijk waar de informatie vandaan komt.	- Informatie valt niet te controleren door de bronnen - Bronnen zijn niet weergegeven

Figuur 2, werkwijze bij het invullen van het beoordelingsmodel (onderdeel 1 t/m 5)

(Titel nieuwsartikel)		
Deelvraag	Antwoord	Punten
1. Zijn de belangrijkste feiten als eerste benoemd?		? / 1
2. Zijn de feiten en meningen van elkaar gescheiden?		? / 1
3. Wordt het onderwerp van beide kanten belicht?		? / 1
4. Is de titel opiniërend?		? / 1
5. Is de informatie controleerbaar met een bron?		? / 1
AANTAL PUNTEN:		? / 5
6. Vanuit welk perspectief wordt dit artikel geschreven?		n.v.t.
7. Publicatiedatum		n.v.t.
8. Naam van de auteur		n.v.t.
9. Gebruikte bronnen		n.v.t.

Figuur 1, beoordelingsmodel voor nieuwsartikelen

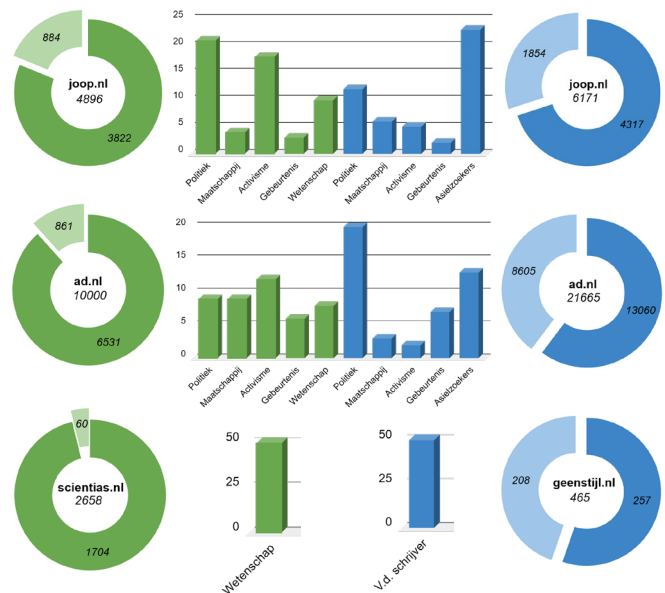
Gemiddelde score beoordelingsmodel	Joop	AD	Scientias	GeenStijl
Klimaat	3,02	4,21	4,12	-
Asielbeleid	3,55	3,94	-	1,21

Figuur 3, resultaten beoordelingsmodel

Gemiddeld behaalde punten per onderdeel per artikel (max = 1,00)	Klimaat: Joop	Klimaat: AD	Klimaat: Scientias	Asielbeleid/ vluchtelingen: Joop.nl	Asielbeleid/ vluchtelingen: AD	Asielbeleid/ vluchtelingen: GeenStijl
1. Zijn de belangrijkste feiten als eerste benoemd?	0,63	0,87	0,86	0,86	0,90	0,18
2. Zijn de feiten en meningen van elkaar gescheiden?	0,65	0,95	0,86	0,74	0,88	0,09
3. Wordt het onderwerp van beide kanten belicht?	0,49	0,73	0,80	0,55	0,70	0,13
4. Is de titel feitelijk?	0,64	0,86	0,67	0,61	0,88	0,38
5. Is de informatie controleerbaar met een bron?	0,61	0,80	0,93	0,79	0,58	0,44

Figuur 4, Resultaten beoordelingsmodel per onderdeel

Cirkeldiagram klimaat, groen	Staafdiagram	Cirkeldiagram asielbeleid, blauw
Donkergroen = 'klimaatverandering'	X- as = onderzochte perspectieven	Donkerblauw = 'vluchteling(en)'
Lichtgroen = 'klimaatcrisis'	Y- as = turfresultaten per perspectief	Lichtblauw = 'asielzoeker(s)'
Midden = naam nieuwssite + totaal aan artikelen over 'klimaat' (schuin)	Groen = klimaat, blauw = asielbeleid	Midden = naam nieuwssite + totaal aan artikelen over 'asielbeleid' (schuin)

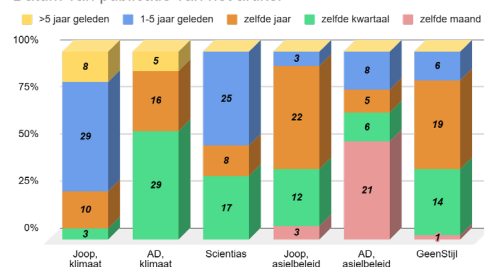


Figuur 5, meest gebruikte perspectieven (midden) en aantal hits bij invoeren termen in de zoekbalk van de nieuwssite (buitenkanen)

Naam nieuwssite	Naam auteur vermeld	Hoeveelheid artikelen per auteur	Meest gebruikte bronnen
Joop (klimaat)	2% v.d. artikelen	Tobias Dander (1) 1 auteur	11 keer Wetenschappelijk paper 9 keer 8 keer
AD (klimaat)	62% v.d. artikelen	Palko Peeters (2) Hans Nijenhuis (2) Dunja Boers (2) 28 verschillende auteurs	8 keer Politieke bronnen 13 keer Wetenschappelijk paper 5 keer Regionale omroep
SCIENTIAS	100% v.d. artikelen	Vivian Lammerse (27) Caroline Kraaijvanger (16) Jeanette Kras (7) 3 verschillende auteurs	50 keer Wetenschappelijk paper
Joop (asielbeleid)	18% v.d. artikelen	Hans van der Horst (3) Christian Jongeneel (2) Roos Ykema (1) 4 verschillende auteurs	8 keer Buitenlandse bronnen 7 keer 4 keer
AD (asielbeleid)	68% v.d. artikelen	Tobias den Hartog (3) Hanneke Keuljes (3) Corine Engelbarts (3) 16 verschillende auteurs	18 keer Politieke bronnen 9 keer 4 keer Regionale omroep
GEENSTIJL	10% v.d. artikelen	Mosterd (13) Struikrover (12) Pritt Stift (10) 6 verschillende auteurs	7 keer 6 keer 6 keer

Figuur 6, schrijvers en bronnen

Datum van publicatie van het artikel



Figuur 7, datum publicaties (ten opzichte van 6-12-22)

Research into the differences and similarities between the concepts of absolute and relative time

E. W. L. van Felius¹, M. J. Wissink², Y. Vos³, A. ten Cate³, M. H. G. Cents¹, L. Holsbeeke³

¹Bataafs Lyceum, Hengelo

²Het stedelijk Lyceum, Kottenpark, Enschede

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - In deze paper is er onderzoek gedaan naar de definities van tijd zoals die gesteld zijn door Newton en Einstein, aan de hand van de definities van tijd van Aristoteles en John McTaggart. Aristoteles en McTaggart beschrijven tijd vanuit een filosofisch perspectief. Einstein en Newton beschrijven tijd vanuit een natuurkundig opzicht. In deze paper zijn de tijdsconcepten van McTaggart en Aristoteles vergeleken. Vervolgens hebben wij, aan de hand van deze theorieën, een definitie van tijd opgesteld. Deze definitie hebben wij vergeleken met zowel de tijdtheorie van Einstein als die van Newton. Omdat tijd in natuurkundige zin op sommige vlakken anders is dan tijd in filosofische zin, beschreven wij wanneer natuurkundige en filosofische tijd verenigbaar zijn. Tot slot trokken wij de conclusie dat tijd volgens Einstein overeenkomt met de opgestelde definitie van tijd volgens McTaggart en Aristoteles. De definitie komt daarentegen niet overeen met de tijdtheorie van Newton. Daaruit kwamen wij tot de conclusie dat de theorie van Newton niet verenigbaar is met de definitie van tijd die is opgesteld, maar die van Einstein wel.

1. Introduction

The research question of this paper is: “What is time according to Aristotle and John McTaggart and in what manner is this idea of time compatible with the absolute time theory of Isaac Newton and the relative time theory of Albert Einstein?”. This question originates from a place of wonder. How is it possible for two definitions of time, absolute and relative, to coexist within one framework and create a meaningful contribution to the discussion on time? This paper, to be exact, does not refer to the measurement or perception of time, but to the concept of time. What this concept entails becomes clear when answering the question ‘What is time?’. Once this question has been answered, it becomes possible to compare and contrast ‘absolute’ and ‘relative’ time to the definition, after of course defining these as well. When the matter of compatibility has been solved, namely the question of when two scientific theories are compatible, the main question can be answered.

2. Definitions of key concepts

Instinctually, one might define time as the measurement of the linear progression of events (“time”, 2023). Linear progression describes the ‘flow’ of time through the past, present, and future. When this definition is critically regarded, however, certain questions arise: Are we certain that time is linear? Does time depend on the events by which it is measured? How can the passing of time be described? And then, more philosophically, is ‘time’ even real? How can we know? This paper will attempt to answer these questions.

As human beings, the passage of time is something that we think we notice. Be it by the changing of the seasons or the moon, as ancient civilizations did (A Walk Through Time - Ancient Calendars, 2019), or by more modern standards, like clocks, seconds, and the defined year. What we notice is change, to which we add meaning. Change would be necessary for us to notice the passing of time. For time to be independent of change, it would have to be completely separate from our understanding of it. In modern times, humanity has more universally defined the passage of time. It is, for example, known that a second is defined as the radiation frequency at which atoms from the element cesium change from one state to

another (Betts, 1998).

It is possible to state that humanity knows how to quantify the passage of time quite precisely. The same can be said, though not quite as precisely, about our perception of time. A study has shown that adrenaline and other stress hormones make it seem as though time moves slower, and concentrating for a long period of time makes it fly by. It is in these instances not time itself that changes, but rather our perception of it (Choi, 2007). But is this what the nature of time is? Is this not simply change that we notice and add meaning to? Is our perception not just the way we interpret this meaning? Because of this phenomenon, time itself remains an enigma. We can quantify change and call it quantifying time, but how do we qualify time? Truly qualifying time is not something that one can simply do, since our ideas of time depend heavily upon the idea of change. This paper attempts to define time, which requires the definition of time to be qualified.

For this, we must turn to people who have spent their lives attempting to make time more comprehensible: philosophers who consider time. In the philosophical literature, there is no consensus (Kurland, 2020) over what time is. Some philosophers believe that time is a human social construct (Magazine, 2013) while other philosophers believe time is a fourth dimension (Siegel, 2019). The philosophers who believe that time is a social construct state that any attempt to qualify time is faulty or unreal, while believers in the fourth dimension state that it is impossible to move through space without moving through time. This paper examines both views, in addition to a few others. Einstein’s idea of relativity considers time to be the fourth dimension (Wikipedia, Spacetime, 2023), and McTaggart, one of the philosophers to whom this paper refers, believes time to be, ultimately, unreal. There are, of course, a great number of other philosophers who have considered the nature of time and who have arrived at very different conclusions regarding it.

Because it is impossible to answer the questions posed above for every philosopher’s vision on time, the choice was made to, for this paper, consider the views of, aside from Newton and Einstein, Aristotle and McTaggart on time. These philosophers were chosen because both Aristotle (Aristotle | Biography,

Works, Quotes, Philosophy, Ethics, & Facts, 2023) and McTaggart (McTaggart, J. M. E. | Internet Encyclopedia of Philosophy, z.d.) provided valuable insight into the nature of time. Newton and Einstein were chosen because of the great relevance their theories still have within modern physics and their seemingly contradictory existence.

Aristotle was one of the first philosophers to consider the nature of time. He is the first, as far as is known, to create a succinct definition of time. He defined time as a universal continuum in which all things are related to one another. He considers time, much like one instinctually might as be divided into three parts: past, present, and future. Aristotle states that the past has gone by and therefore it does not exist in the now. The future will come in the future, so its potential exists now and it will exist later. The past and future are separated by the present, or, as Aristotle calls it, 'Now'. 'Now' is a boundary between past and future and it passes very quickly. Aristotle questioned the existence of time and the existence of a 'Now'. Aristotle himself doubted the existence of time because it consists either of components that do not yet exist (future) or of components that no longer exist (past). In the 'Now', time appears to not exist, because its components do not exist. If time does not exist in the 'Now', how can it contribute to reality? In other words: 'If components of time do not exist or are not perceivable, how is it possible for time to exist in and of itself?' (Department of Philosophy, Islamic Azad University, 2014) Aristotle answered this question by positing that 'Now' is not a component of time, therefore, time is not composed of 'Nows' (Aristotle, 2013, p. 10, 218, a3). Rather, 'Now' is constantly changing and in motion.

An interesting part of Aristotle's philosophy on time is his belief that time and 'soul' are related. By 'soul' Aristotle means 'the actuality of a body that has life', meaning an organism that is capable of growth and has the capacity for self-sustenance. For human beings, having a 'soul' means having the capacity to grow, perceive things via the senses, and have rational thought (Aristotle | Biography, Works, Quotes, Philosophy, Ethics, & Facts, 2023b). Aristotle asked whether or not time would exist if there were no souls to perceive it. Aristotle posits that this can not be the case: 'time cannot characterize physical events independently of conceptualizing percipients'. His explanation for this was that time could be seen as a number, as something countable. He believed that if there is not a 'soul' capable of counting, there cannot be anything that can be counted, which would mean that there is no such thing as a 'number' (numbers have no reality independent of mental operations, according to Aristotle). He stated that nothing but a 'soul' or a 'soul' capable of reason would be capable of counting, thus there would not be time if there were no soul. For Aristotle, time is dependent on an observer. (Popa & The Society for Ancient Greek Philosophy Newsletter, 2007) This would mean that time does not exist when it is not observed. Aristotle's belief in potentiality, or the capacity of a thing to exist, would mean that time would always at the very least have the potential to exist because it can exist when it is observed. Time, therefore, within Aristotle's philosophy, is ultimately a thing that exists and not an illusion or something people made up. (Wikipedia, Potentiality and actuality, 2023b)

He also believed that time is dependent on change. He claims that if we do not notice change, we do not notice whether or not time has gone by. He explains this by saying that by not noticing change and therefore not noticing time, we connect

a 'now' that has passed with the 'now' that is present, and thereby we cut away the in-between. In doing so, we have, by not noticing change, not noticed time. Aristotle believed that time does not occur when it is not noticed by a 'soul'. Therefore, time is as dependent on change as it is on an observer. (Popa & The Society for Ancient Greek Philosophy Newsletter, 2007). It is important to note, in this aspect, that time is dependent on change and an observer, while change is not dependent on an observer. Change does not appear to be presented as a countable number in the way time is, so it would not need to be counted for it to exist. (Bachter, 2018)

In short, Aristotle believed that time was a universal continuum in which all things are related. Time can be divided into three parts: past, present, and future. The present is also known as the 'Now'. By not positing 'Now' as a component of time but rather as a volatile and changing aspect in and of itself, he proved that time would not be nonexistent because of its unexistence within the now. Aristotle claimed that time was dependent on an observer, a 'soul', and on change.

John McTaggart was a British philosopher and lecturer at Cambridge University. McTaggart wrote the paper *Unreality of Time* in 1908. His concept of time is still famous in modern philosophy. Many philosophers before McTaggart have tried to determine the nature of time but often relied on, in part, a mythical or metaphysical explanation. For instance, the neutral monism theory where time and matter are based on basic neutral entities, without defining what that entity is (Neutral Monism (Stanford Encyclopedia of Philosophy), 2023). In McTaggart's paper, he argues that time is unreal and that explaining it using a mythical or metaphysical cannot lead to a logical conclusion. So, in his paper, he attempted to define time without the use of myths or metaphysical explanations (McTaggart p. 457). Time presents itself in positions to people. We can separate the positions in two manners. "Each position is earlier than some, and later than some, of the other positions. And each position is either past, present, or future". The position of earlier and later is permanent because if one event took place before the other, that event will always have taken place earlier. On the other hand, the position of the past, present, and future constantly changes, because the future will be the present and subsequently will be the past. McTaggart names the past, present, and future position A-series, and the earlier and later position B-series. The contents of a position in time are called an event and the position itself a moment (McTaggart p. 458).

We can only observe time when we form both an A-series and a B-series for an event. The events we perceive directly are the present. The rest of the events, by memory, we believe are real, are imagined as the past or future. We distinguish the past and future with the B-series. Because of the combination of the A-series (present, past, and future) with the B-series (earlier and later) we can for instance determine a moment is in the past, and if that moment is 'further' in the past then another moment. Therefore, we need both A-series and B-series to observe time.

According to McTaggart, it is universally admitted that time involves change. When we are asked what we mean by different moments of time, through a period where a thing was the same, we argue that the thing stayed the same when other things changed. For example, when you describe the difference of an object between moment A and B, people describe the change of the object itself, or the objects around it, to indicate time.

Therefore, time exists. Thus, a universe in which absolutely nothing changes would be timeless. If an A-series does not exist, a B-series alone must constitute time, because we still perceive time. Since change involves time, a B-series must change. The earlier and later (B-series) must change, but it is not possible to change them. An event cannot stop existing or get out of the time series in which the order of events happened. If Y is ever between X and Z it will always be between X and Z. Since the earlier and later are permanent, and we work with the assumption, time is constituted by only a B-series, Y will always have the same time position in the time-series. Thus, the contents of a moment cannot change, and the moment itself cannot change in the time series (McTaggart p.459).

The characteristics of an event are expressed in the A-series. McTaggart uses the word characteristic as a general term that includes the qualities which the event has, and its relation to the event. We talk about events as the past, present, or future. Each event is at every moment either in the past, present, or future. If moments of time are seen as different realities, we also speak about these moments as the past, present, or future. McTaggart continues based on the presumption that relations, more likely than qualities, are the characteristics of an event. We explain this with the example of the moment in which you were accepted to Honours. The quality of the event, for instance, the amount of happiness you experienced at the moment when you were accepted does not change much. On the other hand, in thirty years the relation to that event will be different because you are no longer a student of Honours and your priorities have shifted from the program to your work or family. Therefore, the relation to an event is more changeable rather than the quality, and therefore more likely to be characteristic (McTaggart p.460).

According to McTaggart, the only characteristic of an event that can change without changing the same event is through the A-series. With characteristics, he means the change of relations or qualities of the events. Take for example participating in the Honours Program. The event that the people in charge of Honours decided to accept you into the program does not change. It changed in one way; it was first a future event (when it had not happened yet, say when you were a toddler), subsequently, the event became in the nearer future (when you applied for the program), thereafter it was the present (you were accepted), and after the present, it became the past and will always remain the past. Thus, change is only possible by the change of the characteristics of events, which is possible because of an A-series (McTaggart p.460 and 461).

When two events occur, the relation between these events does not change in the time series. If one event happened a thousand years before the other, they are always in the same position relative to one another. This also applies to moments. If moments of time are various realities from the events which happen in them, the relation between an event and a moment cannot change (McTaggart p.467).

The terms of the A-series are the relations. These relations must be relations of moments and events to something else than other events in the time series. If we talk about events relative to one another, we express them as more in the past than the other. If an event is the present, it has been the future and will be the past, an event that is the past has been the future and the present, and an event that is the future will be the past and present. This is how we talk about events concerning one another, but we constantly express one moment of time in

another moment of time (McTaggart p.468).

The contradiction of expressing one moment in another can be put differently. If we take an A-series which will create a moment (of time), assuming this event is the present, will be the past and will have been the future. Then a second A-series, another moment, will happen with the same principle as the first event. The second A-series is placed in the first A-series, the third A-series in the second, and so on. With expressing time (A-series were necessary for time) in time there is a never-ending contradiction.

For instance, you win the lottery and two days after winning, you buy a car. If someone asks: "When did you buy that car?", the answer can be expressed in two different ways; in relation to another moment, or in relation to the present (which is technically a moment as well). The moment you buy the car is expressed in relation to the moment you won the lottery two days earlier. In this instance, the answer is expressed in relation to another moment. If you bought the car three years ago, and you say: "I bought this car three years ago", you express the moment of you buying the car three years ago in relation to the moment of the person asking you when you bought that car; the present. Since moments are expressed in other moments there is circular reasoning. Therefore, the A-series is invalid (McTaggart p.469).

In short, change means time. Without an A-series, change would not be possible, because a B-series on itself is not sufficient for change. So, there can be no B-series where there is no A-series, and where there is no A-series there is no time. Since the A-series are invalid there is no time, and time is, therefore, an unreality.

What is absolute time according to Newton?

Within absolute time, time is considered to be one of the physical quantities, namely a quantifiable physical property of an occurrence (Wikipedia, Natuurkundige grootheid, 2021). Newton was one of the biggest proponents of absolute time. He believed that time was 'forever flowing and unchanging.' (Absolute Time – Exactly What Is Time? z.d.) Time would occur uniformly and without regard for anything that happens within the universe.

Isaac Newton founded classical mechanics on this principle, combined with the idea that space is distinct from the body. By this, he meant 'absolute space'. Absolute space, like absolute time, would be immovable and without relation to anything outside of it. 'Relative' space, the space defined by the relation of so-called 'bodies' (objects within space, such as planets and people) is not immovable or without relation to anything external. This space is not distinct from the bodies within it, absolute space is. Newton concluded that absolute space exists because he believed it was impossible to define the true motion of a body concerning another body within relative space. The motion of bodies within absolute space has also been called absolute motion. (Newton's Views on Space, Time, and Motion (Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2011))

He speaks of two different forms of time: absolute time and relative time. By relative times means the way by which we measure time. These would be, for example, solar day or the measurement of change. Absolute time would happen independently of the events that occurred within it, would be imperceptible for the people living in it, would never speed up or slow down, and could only be mathematically quantified. Newton, in his Scholium, referred to absolute

time as the perseverance of the existence of things. (Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy, z.d.) Absolute time exists within the same context as absolute space and absolute motion. Newton believed it to be necessary for absolute time to exist because there is no conceivable way to measure true motion by using relative time. Therefore, time would be an unalterable, fundamental part of the universe, independent of any observers or change within the said universe (Newton's Views on Space, Time, and Motion (Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2011)).

What is relative time according to Einstein?

In 1905 Albert Einstein had his 'miracle' year. This year he published several world-changing scientific papers, including the special relativity theory. In this paper, Einstein managed to prove that time is relative. He published 1915 the continuation of the special relativity theory and published the general relativity theory which included Isaac Newton and his laws on relativity (Viuf, 2022). To understand the relevance of the relativity theory of Einstein for time, it is important to get an understanding of what relativity is. Relativity is not an easy topic to comprehend, so we will explain the concept based on an example.

Suppose, you are on a stationary train, and to your right, there is also a stationary train. When that other train starts moving, it looks like your train is moving, but when you look at the platform, you see that the other train is moving. All movements you see with yourself as the center. This is called a reference system. In your reference system, in this example, you, your train, and the platform are at rest relative to each other. This is the resting system. For you, the other train is in a moving system.

Einstein based his theory on the relativity principle of Galileo Galilei. The relativity principle states that the magnitude and direction of speed depend on your resting system. There is no such thing as "the" speed of an object because speed is relative. For instance, when you move at a speed of ten kilometers an hour, and someone else moves (in the same direction) at a speed of 20 kilometers an hour, that person passes you at ten kilometers an hour, according to your reference system. An inertial system is a reference system on which no forces act (Falk 2018).

In Einstein's special theory of relativity, he hypothesized two things:

1. In any inertial system, Newton's laws apply.
2. The speed of light in a vacuum in any inertial system has the same constant value.

These hypotheses were crucial for Einstein to prove the difference in time perception between observers with different reference systems which caused time dilation. For time dilation to occur, there must be change. Without change (such as a train departing) there is no measurement for time. Light can be thought of as an electromagnetic wave moving at the speed of light. The time it takes a photon to move a certain distance is measured with a light clock. A light clock consists of two mirrors between which a photon moves back and forth. "Imagine a clock that consists of a pulse of light and two mirrors, one at the top of the clock and one at the bottom. The clock "ticks" when the pulse reaches the mirror at the top of the clock and "tocks" at the bottom. The pulse bounces back and forth between the mirrors at a constant rate [the speed of light]. When the clock moves, the time between ticks is longer." This

means that time changes based on the speed with which you are moving. (American Museum of Natural History, z.d.).

To illustrate this concept further, we use the example of the train again. We introduce two persons this time: Manon, who is in the train which contains a light clock, and Arthur, who is standing on the train platform. Now imagine that the train departs at almost the speed of light. For Manon, Arthur and the platform are the moving systems when the train departs, and for Arthur, it is the train, the light clock, and Manon. The distance between Manon and the light clock has not changed. On the other hand, the distance between Arthur and the light clock increased between the "tick" and the "tock" of the light clock, because the train passes Arthur at a very high speed.

To illustrate this concept further, we use the example of the train again. We introduce two persons this time: Manon, who is in the train which contains a light clock, and Arthur, who is standing on the train platform. Now imagine that the train departs at almost the speed of light. For Manon, Arthur and the platform are the moving systems when the train departs, and for Arthur, it is the train, the light clock, and Manon. The distance between Manon and the light clock has not changed. On the other hand, the distance between Arthur and the light clock increased between the "tick" and the "tock" of the light clock, because the train passes Arthur at a very high speed.

The speed of light for both Manon and Arthur is the same (Einstein's hypothesis). Since time is distance divided by speed, the photon takes longer for Arthur to move back and forth, and time passes slower. Einstein concluded that time for someone within a resting system goes quicker than time for someone who travels in a moving system with a speed that approaches the speeds of light. In short, Arthur perceives time more quickly than Manon. This means that Manon lives in the past, relative to Arthur because time in the reference system of Arthur passes much faster. Einstein showed in his paper on the theory of relativity that time is relative to the observer. Depending on the rest and motion system the observer is in determines how fast time passes for the observer. Einstein thereby proved that time is not a static thing that is constant and continuous.

Einstein did not just invent the concept of relativity out of nowhere. He was inspired by the philosophy of David Hume, especially by the Treatise of Human Nature. Einstein wrote this to physicist and philosopher Moritz Schlick: "E. Mach, and even more so Hume, whose Treatise of Human Nature I had studied avidly and with admiration shortly before discovering the theory of relativity. It is very possible that without these philosophical studies, I would not have arrived at the solution" (Volume 8: The Berlin Years: Correspondence, 1914-1918 (English translation supplement) Page 161, z.d.).

In his autobiography of Einstein, he demonstrates how Hume's philosophy helped him to develop the theory of special relativity. It was fundamental to reject the wrong assumptions about the characteristics of time. The assumption of time being absolutely simultaneous was established in the unconscious of people. Being critical of absolute time and simultaneity was important for the discovery of relativity. Einstein took over an empiricist theory of concepts from Hume. He implemented Hume's empiricism in his argument for relativity (Slavov, 2023).

3. Method

To answer the main question, we have defined the views of

Aristotle and McTaggart regarding time. After doing so, we have done the same with the views of Einstein and Newton on time. Consecutively, we have formulated a definition of time according to McTaggart and Aristotle. We have done this by looking at their differences and similarities and only using the similarities to build a definition while taking note of their differences. Then, we have compared the definitions of time posed by Einstein and Newton to the definition of time created by McTaggart and Aristotle. After this, we have determined whether or not Newton and Einstein's visions of time were compatible with the definition of time as posited by comparing Aristotle and McTaggart.

We have defined the views of Aristotle and McTaggart by reviewing and analyzing relevant literature and thereby gaining a deeper understanding of their reasoning. While doing this, we have determined and examined relevant aspects of time within these sources. Once it had been established that there was a consensus within multiple sources about a certain aspect of their philosophy, this aspect could be accurately considered an aspect of time within its' respective philosophy. By combining these aspects, we have formulated a definition of the views on time according to these philosophers. The same method of comparing relevant aspects of time has been used to define Einstein's and Newton's views on time. After doing this, we have formulated a definition of time according to Aristotle and McTaggart by combining the aspects of time that both considered and agreed upon within their respective philosophies. After this, the theories of time as posed by Einstein and Newton have been compared to the definition. To conclude whether or not Newton's and Einstein's visions of time were compatible, it was necessary to ask when two things are compatible. Specifically, whether or not the definitions of time posed by Einstein and Newton are compatible with the definition of time created by considering Aristotle and McTaggart. The matter of compatibility has been worked out below.

Compatibility is defined as 'the ability of people or things to live or coexist together without problems' (compatibility noun - Definition, pictures, pronunciation and usage notes | Oxford Advanced Learner's Dictionary at OxfordLearnersDictionaries.com, z.d.-b). This definition appears quite sound, especially when one considers the context in which this word is most used, namely to discuss whether or not two people are 'compatible' within a relationship. For the comparison of definitions, however, things become a bit more precarious. When, exactly, do we call conflicting ideas a 'problem'? Is it when one thing differs from the other, however minor? Is it two? And what about major differences? In the case of philosophical and scientific theories, how should we define 'coexist'? Can two things coexist while being contradictory?

The answer to the last question is, obviously, yes. Many things, including the theories this paper investigates, for example, contradict each other and yet they still coexist. So, if two things can contradict and yet coexist, is coexist the proper term to describe compatibility? Especially when, within theories, contradictions can be seen as 'problems'? Within the context of scientific theories, it might be better to say that two things are compatible when they do not contradict. This is not a very controversial standpoint; it is believed that when two theories contradict, only one of them can be true, thereby rendering them incompatible. This eliminates the question of what a 'problem' is (if we place this within the definition of compatibility,

the 'problems' would be contradictions, in this case) and it removes the word 'coexist'.

However, this smaller, simpler definition still has its issues. Would one contradiction make it impossible for two theories to be compatible, however minor? Within scientific theorems, small inconsistencies or contradictions are sometimes simply disregarded if they are outliers. If this would not happen, doing any kind of experiment would be virtually impossible. It is important to mention contradictions, but not always to utilize them. So, if minor inconsistencies can be glossed over, can major ones? This is often not the case. A big, glaring difference within a theorem leads to results that cannot be used. This leads to the following conclusion on the question 'What is compatibility?': Two things are compatible when there is only a small minority of inconsequential contradictions, and the theories otherwise match.

For time, it is nearly impossible to determine what counts as 'defining' and what does not, unless specifically stated by the philosophers positing their definitions. Even then, their ideas on what counts as defining may differ. Therefore, compatibility regarding these definitions means that two definitions are compatible when the majority of aspects match, with explanations and considerations for the ones that do not. If it has been defensibly determined by the researchers that incompatibility of a certain aspect is too glaring, the definition is then, too, incompatible. Measuring this would, of course, be quite difficult. On instinct, one might simply say: 'this is too big a difference, these cannot be compatible'. But when is a difference too big? It could be said that when a difference affects the identity of a thing, it becomes too glaring. If and when this happens must be explained and argued thoroughly. After determining what compatibility is, we have concluded whether or not Einstein's and Newton's views on time were compatible with the definition posed by Aristotle and McTaggart.

4. Results

Here, by comparing Aristotle's and McTaggart's views on time, a definition of time according to these has been composed.

Aristotle's and McTaggart's views on time certainly bear some similarities. The most notable was the way they both agree that time is composed of three parts: past, present, and future. They both believed that the past is when the present has gone by and the future is what the present will become. Both also doubted the existence of time and both believed that there are components that could at least potentially prove that time is not, in fact, real. They both arrive at different conclusions regarding time's existence, but they have both found reasons as to why it could not be real. For Aristotle, this was 'Now' as a component of time and for McTaggart, it was the impossibility of the B-series being sufficient for time to exist. Both also believed change to be a requirement for time to occur. Another similarity is the fact that they both describe the present to be volatile and short. For Aristotle, this is 'Now', for McTaggart this is a moment that will be, or has been, the present. Aristotle also concludes that 'Now' cannot be a component of time, much like McTaggart considers the A-series invalid, and with that his idea of a present as well.

Of course, they also have their differences. Aristotle believed time to ultimately be real, while McTaggart concluded that time was an unreality. Aristotle believes that time is dependent on an observer to exist, while McTaggart only believes that

an observer can change the relations to an event. In the end, McTaggart claimed that the A-series is invalid and therefore that past, present, and future cannot dictate time. McTaggart also spoke of a B-series. Aristotle has not said anything regarding this, so it would seem unfair to count this as a difference because it is impossible to now discover his views on this. It is, however, also not a similarity. Because of this, the B-series will not be regarded as a part of the definition.

Because, despite their differences, their theories contain quite a few similarities, their definition can be considered at least somewhat compatible. By combining their similarities, we come to the following philosophical definition of time (according to the views of Aristotle and McTaggart):

‘Time includes three different time positions: the past, present, and future. The present or the Now is a very short moment of time that exists only when we directly observe it. The past are the moments that have been the present and the future are the moments which will be the present. The Now cannot be a part of time. Change is a requirement for time to occur. The real nature of time or the existence of time is uncertain because it cannot be observed (except through change, which is what we believe time is) or changed by humans.’

To compare absolute time to the definition posed above, it is useful to note the aspects by which they will be compared. The same will be done for relative time.

The points of comparison for absolute time: absolute time is continuous. It does not change nor can it be changed. Absolute time also occurs simultaneously everywhere in the universe. Absolute time is independent of an observer, meaning it will occur in the same capacity regardless of anyone laying witness to it. It is independent of change as well. Whether or not anything would change within the universe, time would still occur. Absolute time does not deny the existence of relative times, by which we measure and which are dependent on change. It merely states that for the true motion to exist, absolute time must as well. Newton believed that true motion existed, and thus so did absolute time. Newton distinguished between absolute and relative time.

The points of comparison for relative time: the relative time theory states that time is dependent on the reference system of its observer. Time goes slower for person A, which travels at a speed close to the speed of light, relative to person B who is standing still. This phenomenon is time dilation. This means that it can be said that person B lives in the past of person A because time for person A passes faster. So time is not the same nor is it simultaneous for everybody. Change is critical for relative time because if we would not move relative to another object, time dilation cannot be proven.

When comparing Newton’s ideas with the ideas posed by Aristotle and McTaggart, we encounter quite a few differences, especially within his ideas of absolute time. Its independence as an observer and of change appears quite dissimilar from the visions about time we have seen before. After a secondary glance, however, there are also similarities, especially when one also considers Newton’s belief in the existence of relative time. This is a manner of time he poses to be measurable, and thereby dependent on an observer. He also believed that this measurement of time would be dependent on the change that occurred to measure it. When looking at this idea of time, it appears quite similar to the distinction McTaggart makes between the A-series and the B-series. One is dependent on an observer (the B-series) and one is not (the A-series). Newton’s

vision of absolute time appears to exist solely within the theory, to allow for true motion to exist. His views on absolute time do, however, bear similarity to Aristotle’s belief that time is a universal continuum and that it is the same for everybody everywhere.

There are many similarities between Einstein’s relativity and the definition of time, according to McTaggart and Aristotle. Through the phenomenon of time dilation, a person can live in the future relative to another person. This understanding of the past, present, and future corresponds to the past, present, and future in the definition of time. Also, both the definition of time and Einstein agree that time is not the same and simultaneous for everybody. Another similarity between Einstein and the definition is that they both believe time to be involved and dependent on change. On the other hand, there are a few aspects of relative time and the definition, which the other one does not discuss. Einstein did not discuss the ‘real’ nature of time in the relativity theory. McTaggart and Aristotle have not discussed anything similar to a reference system, which is used by Einstein. Based on these aspects that are not discussed by the other theories are neither a similarity nor a difference.

5. Conclusion

Both relative time by Einstein and absolute time by Newton have similarities with our definition of time, according to McTaggart and Aristotle. They certainly also have differences, especially when considering Newton’s beliefs regarding absolute time. Einstein’s theory appears compatible with the definition created by considering Aristotle and McTaggart’s ideas. Some aspects of Einstein’s theory are not discussed in the theories of McTaggart and Aristotle, and vice versa. On the other hand, the majority of the aspects regarded match, for instance, that change involves time, time is not simultaneous for everybody, and they share the same understanding of the past, present, and future. There are also no glaring dissimilarities. When regarding Newton’s ideas, however, they do not appear compatible with the definition of time as posed within this paper. Only a few of the aspects match (his belief in time as a universal continuum, or his belief in the existence of absolute and relative time). The majority of the aspects regarded do not match, like time’s dependence on an observer or its dependence on change. These aspects are not minor differences and are not easily glossed over. We can conclude that Newton’s theory of absolute time is not compatible with the definition of time according to Aristotle and McTaggart. We can also conclude that Einstein’s relativity principle is compatible with the definition of time according to Aristotle and McTaggart.

6. Discussion

When conducting any sort of research, one must watch their findings with a critical eye. The results showed that the definition of time, according to McTaggart and Aristotle, is more compatible with the relative time theory of Einstein, rather than the absolute time theory of Newton. We have come to this conclusion after comparing the definition of time with these time theories. Now we will discuss our results and conclusion by answering the following questions: Are the choices that have been made which led to this conclusion valid? What factors have had an impact on the reliability of the paper? This paper uses the visions of differing philosophers regarding time. This will have an impact on the paper, specifically the results and subsequent conclusion. These would, of course, differ greatly

if other philosophers were used to base the definition on.

The definition of time that is created by examining Aristotle and McTaggart, of course, will still be subject to interpretation and differences of opinion. This is because, as in most philosophical writing, there is no 'correct' definition, merely a defensible one. To still, as much as possible, come to a consensus about the definition, we used relevant aspects of time, like dependence on observers or malleability, to be able to complete the definition. These aspects of time, within the definition of the philosopher, are often already agreed upon. There is, for example, a consensus within the definition of time posed by Aristotle that within his theory time is a universal continuum. By using these aspects it becomes possible to compare them to one another and see their differences and similarities. By using some definitions and not using others, certain things are considered while others are not. In doing so, the definition of time this paper uses becomes subject to interpretation. It is impossible to create a definition of time that would be agreed upon by everyone, so we have attempted to create one that most would be able to agree with.

Of course, not all philosophers pose theses that are still defensible or use completely valid reasoning. Many other philosophers' visions on time were also not usable, simply because their findings were not relevant within the context of this paper. To limit the amount of interpretability within the definition, we used sources to define time which were based upon the findings of philosophers who researched the nature of time, like Aristotle and McTaggart.

Even then, their philosophies are of course not without points of consideration. For example, McTaggart's belief in an A-series might be subjective, because there is a possibility that people do not even perceive the A-series, but only think they do. It may be that the distinctions between positions in time by an A-series is an illusion in our minds. Then only in a B-series (earlier and later) can the answer to the nature of time is to be found. When that is the case, we would not interpret time as it is, but only how we think time is. McTaggart was not a supporter of this objection; he was convinced that an A-series is crucial to find out what time is. (McTaggart p.458 and 459)

An objection to McTaggart's philosophy, made by Francis Herbert Bradley, might be that in reality there are more unknown independent time series. Within reality, there the A-series, which is found to be invalid by McTaggart, is not fundamental for the existence of time. It is hard to refute this object because the case rests on the fact that there might be multiple real time-series that we do not know of. The time series are real, but unknown independent time series. McTaggart tries to go along with the objection and imagine what possible time series can substitute the A-series (past, present, and future) which does not change our basic concept of time. The common belief of people is that there are moments, which contain events, and when we observe these moments, it is present. After that, the moment will be in the past, and a new moment is present. Without a past, present, or future these moments just pile up in multiple 'presents' with nowhere to go. Nonetheless, McTaggart tries to refute this objection, but it is not impossible to rule out an independent time series of which we are not aware (McTaggart p.466).

McTaggart presumes that characteristics are either qualities or relations (McTaggart p.460). Qualities and relations consist of the A-series. In his paper, he does not explain why only

qualities or relations can be characteristics. If there is another characteristic, which McTaggart did not consider, which does not consist of the A-series, there may be another characteristic independent of the A-series. Then this other characteristic, which can change an event, without changing the event itself, can be sufficient, in combination with the B-series, for the existence of time. The A-series would then be no longer necessary.

Aristotle's belief that time is dependent on an observer has also not been entirely agreed upon by the philosophers that came after him. One of the sources that this paper uses regarding Aristotle was a paper that argued that Aristotle did mean his words when he spoke about time and observers, in contrast to what many others believed. Because not all of Aristotle's work remains and we cannot ask him what he meant, it is difficult to solve this issue. There are aspects of his philosophy that people today do not agree with, and that makes it more difficult to use his theories accurately. Aristotelian philosophy has been used as a building block by many that came after him, and rightfully so, but this sometimes complicates finding Aristotle's ideas, especially if you do not want to read Ancient Greek.

When considering the conclusion of this paper, it is important to note that we only regarded certain aspects of time while creating it. We made the choice to do this because some aspects were simply not considered within the philosophers' views, but it does make it difficult to produce reliable results. Another interesting thing to consider is the distinction between relative time and absolute time within Newton's philosophy. If we had made the assumption that absolute time as Newton posed it was something entirely outside of our human frame of reference, Newton's idea of relative time could have been considered compatible and it could have thereby changed the conclusion. Absolute time could, for example, be seen as something light the speed of light within Einstein's theory: fundamental to the universe and unchangeable, yes, but only a part of time as a whole. We made the choice to research absolute time, and found that this was not compatible with the definition. If we had regarded it in combination with relative times according to Newton, it could be that Newton's idea of time would be found to be more compatible with Aristotle and McTaggart's definition than considered in this paper.

The method used in this paper, namely defining philosophical concepts and concepts of physics and subsequently comparing them, is of course also not free of fault. It relies heavily upon definitions of complicated ideas and concepts, which are difficult to grasp and even more to fit within a single definition. Thus, there is always a risk that we missed a certain nuance or understanding about the theory which contributed to a faulty definition, thereby making it difficult to draw a valid conclusion.

Furthermore, the definitions are made to exist within the context of this paper and are subconsciously influenced thereby. Because the purpose of these definitions is to compare them, it is possible that they were written down in simplification for ease of definition. This, too, would complicate the reliability of this research.

This paper treads relatively uncharted territory. Little research has been done to combine philosophical and scientific definitions on time and there is not a lot of literature to be found. Because of this, there will always be a level of uncertainty about the truth and reliability of this paper. By using sources created and shared by reputable organizations

and attempting to show our reasoning clearly, we have tried to reduce this uncertainty.

It is however not possible to remove any doubt about this paper. In scientific research, reliability can be proven by repeating an experiment. With a philosophical paper like this one, that is not possible. Even if it were, it would not be very useful, mainly because philosophy primarily happens inside of the mind, where no one can see the twists and bends of the reasoning behind that which is written down. There is very little chance that another researcher would arrive at the same conclusions. Still, this does not mean that this paper is entirely unreliable. We have attempted to show the building blocks behind our reasoning and ideas and they have hopefully made it possible to follow the path which led to the conclusion. If this is the case, this would show the reliability of this method.

It would be interesting to see what conclusions other people would arrive at, or what the results would be if different views on time were used. They would undoubtedly be very different. Perhaps by combining even more views and ideas about time, it could become a bit more clear what time is and what we can learn and know about it. But then again, maybe not. Maybe it would only become more complicated. It would still be interesting.

For follow up-research it is interesting to use other philosophical time theories. The definition of time can be compared to the definition of time that consists of these other philosophical time theories. A new conclusion could be drawn from them.

Philosophies and literature about the nature of time are often difficult to comprehend. It took many hours for us to understand these theories. We found it difficult to make a valid method for comparing philosophical time theories with physics time theories. We composed a step by step method to conduct logical and valid research. For follow-up research it is important to create a valid method which is taken step by step. In the end, philosophers are people, and people are fallible. This means that there is no guarantee that the philosophy, and therefore this paper, is without fault. Luckily, this was also not the goal. The goal was to see what can be learned about time, and we have achieved that at least partly.

7. Bibliography

time. (2023). In The Merriam-Webster.com Dictionary. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/time>

A Walk Through Time - Ancient Calendars. (2019, 25 juni). NIST. <https://www.nist.gov/pml/time-and-frequency-division/popular-links/walk-through-time/walk-through-time-ancient-calendars>

Betts, J. D. (1998, 20 juli). Second | unit of time. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/second>

Choi, C. Q. (2007, 11 december). Why Time Seems to Slow Down in Emergencies. livescience.com. <https://www.livescience.com/2117-time-slow-emergencies.html>

Kurland, R., PhD. (2020, 14 december). What is Time? Part I—Philosophy. Magis Center. <https://www.magiscenter.com/blog/what-is-time-part-one-philosophy>

Magazine, S. (2013, 1 januari). Why Time is a Social Construct. Smithsonian Magazine. <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/why-time-is-a-social-construct-164139110/>

Siegel, E. (2019, 27 augustus). This Is Why Time

Has To Be A Dimension. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/startswithabang/2019/08/27/this-is-why-time-has-to-be-a-dimension/>

Wikipedia contributors. (2023b, januari 25). Spacetime. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Spacetime>

Aristotle | Biography, Works, Quotes, Philosophy, Ethics, & Facts. (2023, 3 januari). Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/biography/Aristotle/Political-theory>

McTaggart, J. M. E. | Internet Encyclopedia of Philosophy. (z.d.). <https://iep.utm.edu/mctaggar/>

Department of Philosophy, Islamic Azad University. (2014). Time from the Aristotle's perspective [Scientific paper]. Islamic Azad University.

Aristotle, Physics, (2013). Written 350 B.C.E, Translated by R. P. Hardie and R. K. Gaye The Internet Classics Archive Physics by Aristotle, part 10.

Aristotle | Biography, Works, Quotes, Philosophy, Ethics, & Facts. (2023b, januari 3). Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/biography/Aristotle/Philosophy-of-mind>

Wikipedia contributors. (2023b, januari 30). Potentiality and actuality. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Potentiality_and_actuality

Popa, Tiberiu, "On the (In)consistency of Aristotle's Philosophy of Time" (2007). The Society for Ancient Greek Philosophy Newsletter. 379.

Bachter, N. (2018, 22 april). Aristotle on Change & Time. Thinking About Thinking. <https://philnotesblog.wordpress.com/2018/04/22/aristotle-on-change-time/>

Wikipedia-bijdragers. (2021, 23 november). Natuurkundige grootheid. Wikipedia. https://nl.wikipedia.org/wiki/Natuurkundige_grootheid

Absolute Time – Exactly What Is Time? (z.d.). <https://www.exactlywhatistime.com/physics-of-time/absolute-time/>

Newton's Views on Space, Time, and Motion (Stanford Encyclopedia of Philosophy). (2011, 22 augustus). <https://plato.stanford.edu/entries/newton-stm/>

Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy. (z.d.). <https://www.marxists.org/reference/subject/philosophy/works/en/newton.htm>

compatibility noun - Definition, pictures, pronunciation and usage notes | Oxford Advanced Learner's Dictionary at OxfordLearnersDictionaries.com. (z.d.-b). <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/compatibility>

American Museum of Natural History. (z.d.). A Matter of Time. <https://www.amnh.org/exhibitions/einstein/time/a-matter-of-time>.

Falk, D. (2018, 13 april). What is relativity? Einstein's mind-bending theory explained. NBC News. <https://www.nbcnews.com/mach/science/what-relativity-einstein-s-mind-bending-theory-explained-ncna865496>

J. E. McTaggart (1908, oktober). The Unreality of Time. <http://www.dif.unige.it/epilog/McTaggart.pdf>

Slavov, M. (2023, 20 januari). What Albert Einstein owes to David Hume's notion of time | Aeon Essays. Aeon. <https://aeon.co/essays/what-albert-einstein-owes-to-david-humes-notion-of-time>

Viuf, B. (2022, 11 maart). Einsteins relativiteitstheorie gooide de natuurkunde om. wibnet.nl. <https://wibnet.nl/>

natuurkunde/relativiteitstheorie/albert-einstein-en-de-relativiteitstheorie-voor-beginners

Volume 8: The Berlin Years: Correspondence, 1914-1918 (English translation supplement) page 161. (z.d.). <https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol8-trans/189>

Neutral Monism (Stanford Encyclopedia of Philosophy). (2023, 31 januari). <https://plato.stanford.edu/entries/neutral-monism/>

Instructiewijze om de optionele oplossing wat betreft het verlagen van de oppervlaktetemperatuur in de gemeente Hardenberg op te stellen

F.A. Halbesma¹, H.M. Lohuis², T. van Wershoven³, E.M. Meijer³, H.J. Boer², S.F.M. ten Heggeler¹, L. Holsbeeke³.

¹Het Erasmus, Almelo

²Vechtdal College, Hardenberg

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - In this paper there will be given advice to the municipality of Hardenberg regarding the reduction of surface temperature. This includes a step-by-step plan that allows the council to maintain guidelines for the realization of urban plan development. Applications for reducing surface temperature that are being discussed include green roofs and tree and vegetation canopy. Through a reasoned method of instruction, measures can be formulated and eventually applied to reduce surface temperatures and thereby heat stress. This method of instruction includes the topics of demarcating an area, obtaining information, engaging general measures regarding decreasing the surface temperature and finally applying and drafting measures at a location within the municipality of Hardenberg according to the requirements set. The discussion will address several points regarding validity and will debunk claims.

1. Introductie

Een onderwerp dat niet meer weg te denken is in de huidige samenleving is de opwarming van de aarde; in dit onderzoek gedefinieerd als toename van de gecombineerde oppervlaktelucht- en zee oppervlaktetemperaturen gemiddeld over de hele wereld en over een periode van 30 jaar. Afgelopen decennia steeg de temperatuur in vergelijking met de pre-industriële periode enorm. De uitstoot van broeikasgassen als gevolg van menselijke activiteiten neemt nog steeds jaar na jaar toe en afgelopen decennia was er sprake van een versnelling van de zeespiegelstijging (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, n.d.).

Een van de oorzaken van de opwarming van de aarde is de stralingsbalans op de aarde (Harvey, 2000); de aarde neemt straling op, maar zendt deze ook uit. Afhankelijk van verschillende factoren ontstaan er verschillen in opname en uitzending van straling, met als gevolg verschillen in de oppervlaktetemperatuur. Deze verschillen in oppervlaktetemperaturen spelen een grote rol bij het Urban Heat Island Effect (UHIE) wat een bewezen effect heeft op de klimaatverandering. Een Urban Heat Island (UHI) (KIM, 1992) is een stedelijk gebied waar de oppervlaktetemperatuur hoger is in vergelijking met (landelijke) gebieden eromheen. Een UHI ontstaat door uitbreiding van steden gecombineerd met niet strategische ruimtelijke ordening (Jamei et al., 2021). Verschillen in oppervlaktetemperatuur tussen stad en land hebben effect op de mens, waardoor het belangrijk is om het precieze verschil in kaart te brengen en zo nodig tegen te gaan. Bij een UHI ontstaat er bij de bevolking in het warmere gebied hittestress; een aandoening veroorzaakt door extreme hitte, die zich uit in diverse lichamelijke klachten welke in het theoretisch kader beschreven staan. Mensen en dieren kunnen warmte niet kwijt en dit geeft klachten. Door de klimaatverandering zijn er gemiddeld meer dagen met extreme hitte, wat de hittestress in Nederland vergroot.

Veel steden en gemeentes zijn zich bewust van dit fenomeen en proberen maatregelen te nemen om de oppervlaktetemperatuur te verlagen of bewustwording te creëren. Gemeenten moeten maatregelen treffen om de oppervlaktetemperatuur te

verlagen, zo ook de gemeente Hardenberg. Deze gemeente heeft een programma klimaatadaptatie en biodiversiteit, waarvan hittestress ook een onderdeel is. Qua inrichting staan ze echter aan de vooravond van het implementeren van dit programma, waardoor de mogelijkheid ontstaat om gemeente Hardenberg als geschikte gemeente te zien voor dit onderzoek waarbij er wordt gekeken naar ruimtelijke planvorming en het creëren van optionele oplossingen wat betreft het verlagen van de oppervlaktetemperatuur. De onderzoeksvraag die in dit onderzoek centraal staat is dan ook de volgende; 'Hoe kan de oppervlaktetemperatuur in de gemeente Hardenberg worden verlaagd door middel van een instructiewijze om tot optionele oplossingen te komen?

In dit onderzoek wordt een stappenplan opgesteld om verschillende maatregelen te kunnen creëren en daarmee de oppervlaktetemperatuur in het centrum van de gemeente Hardenberg te verlagen. Er wordt in gegaan op de afkadering, richtlijnen en maatregelen die door het stappenplan uitgelicht worden.

2. Theoretisch kader

2.1 Stralingsbalans

De zon is de voornaamste bron van inkomende energie en straling. Deze kortgolvlige straling komt binnen en straalt in op de aarde, waarbij er gemiddeld 342 Watt per vierkante meter aan straling binnenkomt. Een gedeelte van deze straling wordt terug in de ruimte weerkaatst. Een overzicht van de stromen tussen inkomende en uitgaande straling wordt de stralingsbalans genoemd. De uitgaande infrarode straling is afhankelijk van de temperatuur van het aardoppervlak op de desbetreffende plek, waardoor deze niet overal gelijk is. Gemiddeld genomen zou bij een oppervlaktetemperatuur van -6°C een uitgaande straling van infrarode golven ontstaan bij een geabsorbeerde zonnestraling van 288 Wm^2 . De gemiddelde temperatuur op aarde op basis van de boven gepresenteerde stralingsbalans zou rond de -6°C moeten liggen. Echter, is in realiteit de gemiddelde temperatuur $13,9^{\circ}\text{C}$ (NCEI. Monitoring.Info@noaa.gov, z.d.). Een aantal factoren die de uitgaande infraroodstraling vasthouden in de atmosfeer

veroorzaken dit verschil van 20 °C (Harvey, 2000).

2.2 Urban Heat Island (UHI) en Urban Heat Island Effect (UHIE)

Door verstedelijking en veranderende infrastructuur wordt de oppervlaktetemperatuur van stedelijke gebieden hoger. Een stedelijk gebied met een hogere oppervlaktetemperatuur dan de gebieden daaromheen wordt een Urban Heat Island (UHI) (KIM, 1992), ook wel een hitte-eiland, genoemd. Een hitte-eiland kan op verschillende schaalniveau's voorkomen; het kan zich vormen rond een enkel gebouw, een kleine vegetatieve overkapping, of een groot deel van een stad (Taha, 1997). De oorzaken en gevolgen van een stedelijk klimaat en hitte-eilanden zijn divers en hun interacties complex.

Een Urban Heat Island Effect (UHIE) ontstaat uit controleerbare en niet-controleerbare variabelen. Deze variabelen zijn weer onder te verdelen in tijdelijke variabelen, zoals lichtsnelheid en bewolking, permanente variabelen, zoals groene gebieden en bouw materiaal en cyclische variabelen, zoals zonnestraling en antropogene warmtebronnen. Een overzicht van deze variabelen staan in Figuur 1 weergegeven (RIZWAN et al., 2008). Antropogene warmtestroom, warmte die wordt gegenereerd door menselijke activiteiten in stedelijke gebieden, wordt gezien als de belangrijkste oorzaak van een UHI (Wang et al., 2018). Hierbij levert de warmteafgifte van gebouwen de grootste bijdrage aan de warmte-emissie (89%-96%) wereldwijd (Allen et al., 2010).

UHI's kunnen tegen worden gegaan door middel van verschillende oplossingen. Groene daken, koelende trottoirs en het verhogen van het groenpercentage of de albedo zijn maatregelen die de koeling van het oppervlak bevorderen (Gago et al., 2013). Echter zijn gezondheidsvoordelen van hittestress verminderende strategieën per stadsdeel afhankelijk van demografische aspecten. Zo zijn in stedelijke delen met inwoners met lagere inkomens en delen waar een hoge mediane leeftijd is adaptatie strategieën effectiever (Vargo et al., 2016). Het toepassen van boom- en vegetatiebedekking is veel onderzocht met betrekking tot het verlagen van temperatuur in een UHI. Deze onderzoeken maken duidelijk dat het toepassen van boom- en vegetatiebedekking een veelbelovende maatregel en oplossing kan zijn voor de mitigatie, verlaging, van de oppervlaktetemperatuur in een UHI (RIZWAN et al., 2008b). Stedelijke vergroening tempert de temperatuur en bevordert processen als evapotranspiratie en beschaduwing van oppervlakten (Gago et al., 2013a). Evapotranspiratie is een belangrijk proces dat beschreven kan worden als evaporatie, het verdampen van water uit de bodem en het oppervlak en transpiratie, afgifte van water uit vegetatie. Het klimaat, het vegetatietype, de temperatuur, de hoeveelheid grond- en oppervlaktewater, inkomende zonnestraling, luchtvochtigheid en wind zijn factoren die een grote rol spelen bij dit proces. Naast evapotranspiratie vergroot groen de beschaduwing van een oppervlak. Door Wageningen Plant Research is bevestigd dat schaduw door bomen overdag een grote bijdrage levert aan verkoeling van het oppervlak. Er werden verschillen van maximaal 10 °C gemeten tussen plekken in de schaduw en in de zon, wat het verschil kan betekenen tussen matige of ernstige hittestress (Hiemstra, 2021). Dit is weergegeven in Figuur 2 en Figuur 3. De luchttemperatuur bleef echter in beide gevallen gelijk. Er werd door warmtebeelden aangetoond dat boombladeren even warm of warmer waren dan de luchttemperatuur. Lucht wordt dus niet gekoeld, maar door de

evapotranspiratie blijven bomen kouder dan ondoordringbare stedelijke materialen zoals asfalt, stenen huizen of beton die geen water vasthouden (Gago et al., 2013b). Het gebruik van groen kan dus uitermate geschikt zijn om het UHIE te verlagen. Boom- en vegetatiebedekking kan onderverdeeld worden in verschillende typen groenbedekking, waardoor er onderscheid gemaakt kan worden tussen verschillen in oppervlaktetemperatuur (Skelhorn et al., 2014):

1. Geen groenbedekking, waarbij alle groenbedekking is vervangen met asfalt, om het meest extreme niet-groene type te bepalen;
2. Groenbedekking waarbij alle bestaande groenbedekking wordt vervangen met gras;
3. Basis met 5% jonge bomen;
4. Basis met 5% volwassen bomen (mix van eik, esdoorn en zilverberk);
5. Basis met 5% struiken/hagen en jonge bomen;
6. Basis met grootste gebouw voorzien van een groen dak.

Bovenstaand onderzoek heeft van de bovenstaande typen groenbedekking de oppervlaktetemperatuur gemeten, waardoor er duidelijke verschillen te zien zijn tussen deze typen. De resultaten suggereren dat type 1, wanneer alle groenbedekking is vervangen met asfalt, zal leiden tot een gemiddelde stijging van 4,7 °C. Eveneens type 2, alle groenbedekking vervangen met gras, zal leiden tot een temperatuurstijging van gemiddeld 0,6 °C. Bij type 4, de groenbedekking vergroten met 5% volwassen bomen, suggereert het resultaat een daling van gemiddeld 1,0 °C in oppervlaktetemperatuur (Skelhorn et al., 2014). Een ander onderzoek suggereert bij type 4 een daling van 1,5 °C wanneer er 10% groenbedekking wordt toegevoegd (Gill et al., 2007). Bij type 3 en 5, het toevoegen van struiken, hagen en jonge bomen aan de groenbedekking, wordt een daling van circa 0,5 °C gesuggereerd. Hierbij zijn jonge bomen iets effectiever dan toevoeging van struiken en hagen, wat vermoedelijk het geval is wegens het verschil in percentage schaduw tussen jonge bomen en struiken en hagen. Type 6 wordt behandeld bij groene daken in het kopje hieronder. Deze resultaten zijn ontstaan van de metingen na één dag en staan weergegeven in Figuur 4. Van invloed op deze effecten van boom- en vegetatiebedekking is onder andere de hoeveelheid bladeren ten opzichte van de oppervlaktetemperatuur. Bij type 1 en 2 zijn er namelijk geen bladeren aanwezig en bij type 3, 4 en 5 zal er meer blad bij komen. Een vergelijking van de verandering in de hoeveelheid bladeren en de oppervlaktetemperatuur laat een mogelijk verband zien (Skelhorn et al., 2014b). Dit verband laat Figuur 5 zien.

Naast boom- en vegetatiebedekking is er een andere vorm van groenbedekking die ook effect heeft op de oppervlaktetemperatuur, namelijk groene daken. Groene daken bestaan uit vier verschillende lagen: een ondoordringbare voering, een drainagenet, een lichtgewicht groeimedium en een vegetatielaag. Zie hiervoor Figuur 6, waarbij polypropyleen PEPP een vegetatieondersteuning is en er specifieke eigenschappen worden genoemd bij de lagen, die per groen dak kunnen verschillen. Bij groene daken zorgt de drainagelaag voor een snelle afvoer van water, doordat het bestaat uit een hoog permeabel materiaal. Het groeimedium heeft als functie de vegetatielaag te verzorgen van voeding. Hiervoor moet het een lage dichtheid hebben en een hoog waterhoudend vermogen. Daarnaast zorgt het groeimedium voor enige isolatie, waarbij de waarde kan verschillen en afhangt van de dikte van het medium, de eigenschappen van

het medium en het watergehalte op een bepaald moment (J. C. DeNardo et al., 2005). De vegetatielaag, de planten, biedt schaduw aan het oppervlak onder het gebladerte, onderschept regenval en vertraagt de directe afvoer van water (Arnold & Gibbons, 1996). In 2021 zijn groene daken en controle daken, met een standaard asfalt, met elkaar vergeleken. De resultaten van dit onderzoek suggereren een verschil in fluctuaties van temperatuur op een gemiddelde dag van gemiddeld 22 °C (Stella & Personne, 2021). In 2023 is er bij een ander onderzoek eveneens het effect van groene daken onderzocht, waarbij er in de zomer een reductie van 30 °C het gevolg was van groene daken (Jaffal et al., 2012). Bij nog een ander onderzoek zorgden groene daken voor een verlaging van de oppervlaktetemperatuur van 0,57 tot 0,63 keer lager (Bevilacqua et al., 2017). De resultaten van een onderzoek uit 2016 geven een verlaging in oppervlaktetemperatuur van 0,06 °C op een typische warme zomermiddag van 30 januari 2013 tussen 14.00 en 15.00 door toepassing van groene daken. Hierbij is er tevens een hoogteverschil in temperatuur van 0,25 °C tussen de oppervlaktetemperatuur en de temperatuur op de daken, waarbij het hoogteverschil 100 meter is (Razzaghmanesh et al., 2016).

Groene daken kunnen worden ingedeeld in vier categorieën: intensief, semi-intensief, enkelvoudig extensief en meervoudig extensief (Jamei et al., 2021b), rekening houdend met hun gewicht, de voedingslaag (groeimedium), de onderhoudskosten, de plantensamenstelling en irrigatie (Parida et al., 2011). Intensieve groene daken hebben grote bodemdieptes en kunnen daardoor veel water vasthouden. Daarom is de vegetatiekeuze flexibel en bestaat het dak uit verschillende soorten vegetatie, zoals bomen en struiken. Dit type dak heeft een hoog gewicht, waardoor er rekening moet worden gehouden met de bouwconstructie. Bovendien vereisen intensieve daken een grote mate van onderhoud, vooral bij irrigatie, onkruidbestrijding en bemesting. Semi-intensieve daken hebben een substraatdikte van 0,15-0,30 meter en bestaan uit kleine vegetatie, zoals struiken en gras. Dit type daken vergt minder onderhoud in vergelijking met intensieve daken, maar geeft daarentegen wel hoge kosten om de warmte-isolatie te bevorderen. Enkelvoudig extensieve daken hebben een groeimedium van 0,07-0,10 meter dik. Als vegetatielaag wordt gewoonlijk 'Sedum L.' gebruikt, waarbij 'Sedum L.' erg populair is (Jamei et al., 2021c) vanwege zijn tolerantie voor droogte en zijn aanpassingsvermogen qua ondiepe groeimedia (Figuur 6: opbouw groen dak) (Getter & Rowe, 2006) (Monterusso et al., 2005). Enkelvoudig extensieve daken vereisen minimale irrigatie en hebben de laagste kosten van alle soorten daken. Daarnaast hebben deze daken een laag gewicht, waardoor de toepasbaarheid van dit type groot is (Jamei et al., 2021d). Groene daken met een laag gewicht worden aangeraden wanneer de constructie en het gewicht van het gebouw beperkt zijn (Razzaghmanesh & Beecham, 2014). Meervoudig extensieve daken zijn eveneens licht van gewicht en hebben groeimedia met een dikte van 0,10-0,15 meter. Enkel- en meervoudig extensieve daken zijn wereldwijd het meest gebruikte type groene daken, vanwege hun lage gewicht, beperkte irrigatie en lage kosten. Intensieve daken zijn daarentegen zwaarder in gewicht en duurder dan de andere typen (Jamei et al., 2021e). De kosten van groene daken kunnen geminimaliseerd worden wanneer lokale planten en groeimedia gebruikt worden (Bevilacqua et al., 2016).

Groene daken zijn een efficiënte oplossing voor het tegengaan

van een UHI en het verlagen van de oppervlaktetemperatuur, aangezien daken 20-25% van stedelijke gebieden vormen (Besir & Cuce, 2018). Het totale dakoppervlak is wereldwijd nagenoeg 3,8 x 10¹¹ m² (Akbari et al., 2008).

Naast het toepassen van boom- en vegetatiebedekking, waaronder groene daken, kan eveneens het verhogen van de albedo een positief effect hebben op een UHI. De albedo kan worden beschreven als een parameter die het absorptie- en reflectiegedrag van een oppervlak kwantitatief beschrijft, aangezien het de totale hemisferische reflectie van een bepaald oppervlakte is, geïntegreerd over het zonnenspectrum, met daarbij de spiegellende en niet-spiegellende reflectie (Bonafoni et al., 2017). Typische albedo-waarden variëren gemiddeld genomen van 0,10 tot 0,50, waarbij de hogere waarden meestal gekoppeld worden aan metalen oppervlakten. Door het verhogen van de albedo kan de oppervlaktetemperatuur van een UHI worden verlaagd, aangezien er meer straling gereflecteerd zal worden (Bonafoni et al., 2017b).

Een van de meest effectieve methodes van mitigatie, is het verhogen van de albedo in UHI's door middel van het toepassen van groene infrastructuur in stedelijke gebieden en natuurlijke koellichamen om de overvloedige warmte af te voeren (Akbari et al., 2005). Deze toepassingen kunnen dus worden uitgevoerd door gebruik te maken van boom- en vegetatiebedekking en groene daken, zoals eerder beschreven. Daarnaast kunnen koelende trottoirs bijdragen tot het verlagen van de oppervlaktetemperatuur (Gago et al., 2013c).

2.3 Hittestress

Door het ontstaan van UHI's is de temperatuur in de leefomgeving van mensen gestegen. Mensen worden langere tijd blootgesteld aan hitte, waardoor ze aan hittestress kunnen gaan lijden. Hittestress ontstaat door een stijging in de temperatuur. Dit komt doordat er door de verstedelijking asfalt en gebouwen warmte opnemen en door de bebouwing er minder doorstroom is van lucht. De warmte die dan vrijkomt bij onder andere verkeer, huishoudens en industrie blijft dan langer hangen, waardoor de temperatuur stijgt (Bomen tegen hitte: Top 10 van hittestress en droogtebomen, z.d.). Hittestress veroorzaakt zelf hitteziektes doordat de gevoeligheid voor een bepaalde waarde van warmte blootstelling wordt beïnvloed. Hitteziektes kunnen uiteindelijk leiden tot sterfte. Dit is weergegeven in Figuur 7 (Kovats & Hajat, 2008).

2.4 Oppervlaktetemperatuur

Temperatuur is een indicator van warmte die gemeten kan worden in Celsius, Fahrenheit en Kelvin (Quinn, 2013). De temperatuur van een oppervlakte wordt de oppervlaktetemperatuur genoemd. Oppervlaktetemperatuur varieert tussen dag en nacht en tussen de seizoenen en wordt in kaart gebracht door het gebruik van satellieten. Uit data van deze satellieten van onder andere NASA en NOAA blijkt dat de gemiddelde wereldwijde oppervlaktetemperatuur de afgelopen jaren toeneemt. Het verschil tussen 1980 en 2020 is bij benadering 0,6 °C. Zie hiervoor ook Figuur 8 (Climate Change: Global Temperature, z.d.).

3. Methode

Om een duidelijk ontwerpproces te realiseren voor het verlagen van de oppervlaktetemperatuur is er een stappenplan opgezet. Dit stappenplan is gebaseerd op de ontwerpcyclus, waarbij er wordt doorgebouwd op al bestaande kennis van

werkzame oplossingsrichtingen en hoe deze gekozen en/of gecombineerd kunnen worden voor de specifieke context van de ontwerpopgave (Smit, 2018). In dit geval kan de gemeente Hardenberg het stappenplan doorlopen en aan de hand van deze instructiewijze maatregelen treffen om de oppervlaktetemperatuur te verlagen.

3.1 Stap 1 - Afkadering van het gebied dat onderzocht/aangepast moet worden

Voor het verlagen van de oppervlaktetemperatuur is het belangrijk dat er eerst gekeken wordt naar het gebied waarbij de desbetreffende executant de oppervlaktemperatuur wil verlagen. Wanneer er namelijk geen gebied wordt afgekaderd, is het niet mogelijk om een ontwerp tot stand te brengen en een eventueel project op te zetten. Nadat een gebied is afgekaderd is de vervolgstap om te kijken naar de hittestresskaart, waarbij er wordt gekeken naar de oppervlaktemperatuur van het gebied in kwestie. De hittestresskaart voor Hardenberg is te zien in Figuur 9. Hierdoor komt er een duidelijk beeld van de gegevens wat betreft de oppervlaktetemperatuur, waardoor er betrouwbaardere vervolgstappen genomen kunnen worden.

Nadat de hittestresskaart is bestudeerd, kan er onderscheid worden gemaakt tussen de verschillen in oppervlaktetemperatuur. Bij deze verschillen is het vooral van belang dat er gekeken wordt naar locaties in het afgekaderde gebied waar een hogere oppervlaktetemperatuur aangegeven wordt. Deze locaties zijn namelijk het belangrijkste om te behandelen, aangezien een hogere oppervlaktetemperatuur voor een groter UHI zorgt, dat juist verkleind moet worden om de klimaatverandering tegen te gaan. Een van de locaties met een hogere oppervlaktetemperatuur moet dan gekozen worden, om hier een gespecialiseerd ontwerp voor te realiseren. Hierbij kan rekening gehouden worden met de locatie, zoals een parkeerdek, waarbij het ontwerp ook deels voor andere parkeergelegenheden gerealiseerd kan worden. Dit is alleen mogelijk wanneer er in het afgekaderde gebied meer van dezelfde soort gelegenheden aanwezig zijn. Wanneer dat niet het geval is, is het het verstandigst om te beginnen met het aanpassen van de locatie met de hoogste oppervlaktetemperatuur. Deze locatie zal namelijk het grootste effect hebben op het UHI. Bij een situatie waarbij de hoogste oppervlaktetemperatuur bij twee of meerdere locaties gelijk is, zal er een keuze gemaakt moeten worden waarbij andere factoren een rol spelen, zoals de grootte van de oppervlakte of de geografische ligging. Het bewerken van een groot oppervlakte zorgt voor meer verlaging van de oppervlaktetemperatuur en dus voor het verlagen van het UHI. Wanneer er dus eerst een ontwerp voor een groter oppervlakte wordt gerealiseerd, is het effect op het UHI eerder merkbaar en zal de oppervlaktetemperatuur eveneens eerder verlaagd worden. Een groter oppervlakte zal echter in veel gevallen wel zorgen voor meer kosten, waardoor een groter budget beschikbaar moet zijn. Het budget is dus ook een factor waarmee rekening gehouden moet worden bij het kiezen van de locatie.

De geografische ligging kan ook een rol spelen in de keuze van de locatie waar als eerst de verlaging van de oppervlaktetemperatuur gerealiseerd gaat worden. Hierbij moet gekeken worden naar eigenaren van de locaties en de ligging met de daarbij behorende omgeving. Wanneer de locatie eigendom is van een particulier kan deze niet willen meewerken aan het aanpassen van deze locatie of kan het ontwerpen en realiseren van het ontwerp vertraging oplopen

en langer duren dan bij locaties die eigendom zijn van de gemeente. Bij een locatie die eigendom is van de gemeente en/of overheid zal een ontwerp- en realisatieproces sneller kunnen plaatsvinden. Hierdoor zijn locaties die eigendom van de gemeente en/of overheid zijn voordeliger om mee te beginnen voor het verlagen van de oppervlaktetemperatuur in het afgekaderde gebied. Eveneens kan de ligging van de locatie van invloed zijn op de keuze voor een plaats om de verlaging van de oppervlaktetemperatuur te realiseren. De omgeving van de locatie bepaalt hoeveel ruimte er is voor aanpassingen en of aanpassingen op deze locatie worden ingewilligd door de personen die werken en/of wonen in deze omgeving. Hierbij moet aan voorbeelden worden gedacht zoals het plaatsen van groene daken en boom- en vegetatiebedekking, waarbij personen deze aanpassingen kunnen ondersteunen of afwijzen. Daarnaast is er voldoende ruimte nodig om aanpassingen te realiseren op deze locatie, aangezien er anders geen effect zal zijn wat betreft het verlagen van de oppervlaktetemperatuur en het UHI.

3.2 Stap 2 - Inwinnen van betrouwbare informatie over de situatie

Nadat er een keuze is gemaakt wat betreft de locatie voor het verlagen van de oppervlaktetemperatuur, moet er informatie worden verkregen over de situatie. Dit is van belang, aangezien bij een kwalitatief onderzoek het inwinnen van informatie een essentiële factor is. Zonder informatie over de situatie kunnen er geen verdere toepassingen opgesteld worden en zal het effect van bepaalde maatregelen meer of minder zijn dan ingeschat (Kerwin-Boudreau & Butler-Kisber, 2016). Echter moet er bij het verkrijgen van informatie rekening gehouden worden met het Dunnin-Kruger-Effect. Bij een gebrek aan expertise kan er meta-onwetendheid ontstaan, waardoor de onvolledige en misplaatste kennis ervoor zorgt dat er fouten gemaakt worden. Wanneer er sprake is van onwetendheid bestaat de kans dat fouten niet opgemerkt worden. Het Dunnin-Kruger-Effect is bekend komen te staan als de bewering dat bij degenen waarbij meta-onwetendheid aanwezig is, er door gebrek aan betere informatie weinig inzicht is in hun onwetendheid (Dunning, 2011). Er moet onderzoek gedaan worden totdat alles behandeld is, en niet totdat er gedacht wordt alles te snappen. Het Dunnin-Kruger-Effect is weergegeven in Figuur 10.

Bij het inwinnen van informatie over de situatie moet er worden verdiept in een aantal factoren, zoals de huidige oppervlaktetemperatuur, de materiaal soort, het schaduwpercentage, het groenpercentage, de omgeving en het klimaat, het budget, het in kaart brengen van vergunningen en de ondergrondse infrastructuur. Al deze factoren kunnen invloed hebben op het ontwerpen van maatregelen, aangezien er voor elk van deze factoren een andere situatie van toepassing is.

De oppervlaktetemperatuur is van belang om te bepalen of er wel of geen maatregelen opgesteld moeten worden en op welke locatie dit efficiënt kan zijn. Er kan inzicht worden gegeven in oppervlaktetemperatuur door gebruik te maken van bestaande kaarten met dergelijke informatie of door zelf metingen uit te voeren. Daarnaast is een weergave van de oppervlaktetemperatuur belangrijk voor de richtlijnen die in stap 4 gevormd worden.

De materiaal soort moet bekeken worden in verband met albedo-gehalte. Het verhogen van de albedo kan een positief effect hebben op het verminderen van de oppervlaktetemperatuur,

waardoor het belangrijk is inzicht te verkrijgen in de materiaal soort om zo het albedo-gehalte vast te kunnen stellen (Bonafoni et al., 2017c).

Het schaduw- en groenpercentage zijn van belang omdat deze twee samen een groot effect hebben op de oppervlaktetemperatuur. Stedelijke vergroening kan zorgen voor een temperatuurdaling en bevordert processen zoals evapotranspiratie. Daarnaast vergroot stedelijke vergroening het schaduwpercentage en het albedo-gehalte, wat een bijdrage levert aan het verkoelen van een oppervlak overdag. Wanneer het schaduw- en groenpercentage bekend zijn kunnen er maatregelen getroffen worden om deze factoren te vergroten (Gago et al., 2013d).

Het budget moet in kaart worden gebracht om er zeker van te zijn dat de eventuele maatregelen die opgesteld zijn betaald kunnen worden. Eveneens moeten sommige maatregelen door het beschikbare budget uitgesloten of aangepast worden, waardoor het van belang is op de hoogte te zijn van het beschikbare budget. Dit geldt ook voor het verkrijgen van eventuele vergunningen. Er moet rekening gehouden worden met deze beperkingen.

De ondergrondse infrastructuur is van belang bij eventuele maatregelen waarbij gebouwd gaat worden. Wortels van bomen, maatregelen en bouwwerkzaamheden mogen de ondergrondse infrastructuur op lange termijn niet beschadigen waardoor het verstandig is dit in kaart te brengen voor het ontwerpen en het toepassen van maatregelen.

3.3 Stap 3- In kaart brengen welke oplossingen beschikbaar zijn wat betreft het verlagen van de oppervlaktetemperatuur in het algemeen

Wanneer de gegevens van de situatie bekend zijn, moet er gekeken worden naar mogelijke oplossingen die de oppervlaktetemperatuur kunnen verlagen. Het is belangrijk om eerst een overzicht van deze oplossingen te creëren, zodat er voldoende kennis is over alle mogelijke maatregelen die genomen kunnen worden. Bij het verlagen van de oppervlaktetemperatuur zijn de meest gebruikte maatregelen de volgende: boom- en vegetatiebedekking, groene daken en het verhogen van de albedo.

Boom- en vegetatiebedekking wordt veelvuldig als maatregel toegepast voor het verlagen van de oppervlaktetemperatuur. Bij het gebruik van deze maatregel moet rekening gehouden worden met de ruimte die aanwezig is en de richtlijnen die worden opgesteld in stap 4. Zo kan bij meer ruimte op het oppervlakte gras- en/of struikbedekking worden toegepast en bij meer ruimte in de hoogte boombedekking. Daarnaast zijn de richtlijnen een belangrijke bepalende factor bij de keuze in boom- en vegetatiebedekking. Het vergroten van de groenbedekking met 5% volwassen bomen zorgt voor een temperatuurdaling van gemiddeld 1,0 °C en het toevoegen van struiken, hagen en jonge bomen zorgt voor een temperatuurdaling van gemiddeld 0,5 °C. Wanneer de richtlijn is om de oppervlaktetemperatuur te verlagen met 1,0 °C, is het vergroten van de groenbedekking met 5% volwassen bomen een verstandige maatregel. Bij een richtlijn om de oppervlaktetemperatuur te verlagen met 0,5 °C, is het toevoegen van struiken, hagen en jonge bomen een verstandige maatregel.

Het gebruik van groene daken is eveneens vrij hoog en blijkt uit veel onderzoeken een efficiënte maatregel voor het verlagen van de oppervlaktetemperatuur. Daarnaast vormen daken 20-25% van stedelijke gebieden (Besir & Cuce, 2018b), waardoor

groene daken een aanzienlijk effect kunnen hebben voor het verlagen van een UHI. Bij het toepassen van een groen dak kan er worden gekozen tussen vier verschillende categorieën: intensieve, semi-intensieve, enkelvoudig extensieve en meervoudig extensieve groene daken. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen gewicht, verschil in vegetatie en kosten (Jamei et al., 2021f).

Bij het kiezen van een groen dak moet er gekeken worden naar de sterkte van de bouwconstructie. Wanneer de bouwconstructie erg stevig is, kan het meer gewicht dragen dan een gevoeligere constructie. Intensieve groene daken hebben een hoog gewicht en extensieve daken een lager gewicht. Hierdoor is het verstandig om bij een stevige constructie te kiezen voor een intensief dak en bij een gevoeligere constructie voor een extensief dak. Daarnaast vergen intensieve groene daken meer onderhoud dan semi-intensieve en extensieve groene daken doordat intensieve daken een grotere variatie hebben in vegetatie. Wanneer de daken moeilijk bereikbaar zijn, kan het ingewikkeld zijn om de daken goed te onderhouden, waardoor het dan verstandiger is om voor een semi-intensief of extensief dak te kiezen. Er moet bij het maken van een keuze ook rekening gehouden worden met de kosten van de groene daken, aangezien het budget voor het realiseren van groene daken hier invloed op heeft. Enkelvoudige extensieve groene daken zijn de daken met de laagste kosten in vergelijking met de andere daken. Daarnaast hebben (semi-)intensieve daken de hoogste kosten vergeleken met de extensieve daken. Bij een groter budget kan er dus gekozen worden voor een (semi-)intensief groen dak, terwijl het bij een kleiner budget verstandiger is om te kiezen voor een extensief groen dak (Jamei et al., 2021g).

Het verhogen van de albedo is ook een effectieve methode om de oppervlaktetemperatuur te verlagen. Dit kan worden gedaan door het gebruik van boom- en vegetatiebedekking en groene daken, zoals hierboven beschreven. Daarnaast kunnen koelende trottoirs bijdragen aan het verhogen van de albedo en daarmee aan het verlagen van de oppervlaktetemperatuur. Hierbij moet rekening gehouden worden met de ruimte die aanwezig is. Meest aannemelijk is dat de al bestaande trottoirs vervangen worden met koelende trottoirs, waardoor de oppervlaktetemperatuur verlaagd kan worden.

3.4 Stap 4 - Het vaststellen van richtlijnen omtrent de maatregelen

Er worden door dit stappenplan maatregelen opgesteld om de oppervlaktetemperatuur te verlagen. Om deze maatregelen te kunnen treffen, zullen er doelen en richtlijnen moeten worden opgesteld.

De eerste richtlijn waarmee rekening gehouden moet worden is de temperatuurdaling. Er moet van tevoren een doel gesteld worden waarin weergegeven wordt in hoeverre de oppervlaktetemperatuur verlaagd zal moeten worden. In stap 1 is er een gebied afgekaderd en in stap 2 is de oppervlaktetemperatuur van dit gebied vastgesteld. Door een verlaging te bepalen, wordt er automatisch een richtlijn gegeven voor het aantal maatregelen dat genomen zal worden. Deze richtlijnen spelen mee in de keuze van maatregelen, zoals groene daken en boom- en vegetatiebedekking. Zo zal bij een richtlijn waarbij de oppervlaktetemperatuur 1,0 °C verlaagd wordt, het kiezen voor het vergroten van de groenbedekking met 5% volwassen bomen een verstandige keuze zijn. Hieruit blijkt dus dat het belangrijk is dat er eerst wordt georiënteerd op de mogelijke maatregelen voor het verlagen

van de oppervlaktetemperatuur, zodat er na het opstellen van richtlijnen een duidelijk selectie kan worden gemaakt van maatregelen die in de situatie toegepast zouden kunnen worden.

De tweede richtlijn die moet worden opgesteld is een programma van eisen. Bij het ontwerp en de invoer van maatregelen om de oppervlaktetemperatuur te verlagen moet er rekening gehouden worden met verschillende waarden en belangen. Het is belangrijk om voor het vaststellen van maatregelen richtlijnen op te stellen die duidelijk maken waarmee en met wie er rekening gehouden moet worden aangezien maatregelen naast effect op de oppervlaktetemperatuur ook effect kunnen hebben op factoren zoals de inwoners, het klimaat, ecosystemen en interpretatie van eventuele ontwerpen.

In Figuur 11 wordt een voorbeeld gegeven van een programma van eisen. Er worden hier verschillende aspecten behandeld die elk een eigen richtlijn verantwoorden. Door middel van dit programma kunnen maatregelen specifiekere worden toegepast.

3.5 Stap 5 - Specifiek kijken naar geschikte oplossingen voor de gekozen locatie voor het verlagen van de oppervlaktetemperatuur, de impact hiervan onderzoeken en uiteindelijk toepassen

Bij stap 3 zijn algemene oplossingen om de oppervlaktetemperatuur te verlagen in kaart gebracht. In deze stap moeten deze oplossingen toegepast worden op het afgekaderde gebied uit stap 1. Ook de opgestelde richtlijnen uit de vorige stap moeten hierbij meegenomen worden. Het is hier belangrijk om de informatie wat betreft de verschillende factoren uit stap 1 te combineren met de algemene oplossingen wat betreft het verlagen van de oppervlaktetemperatuur uit stap 3 om zo de optimale maatregelen samen te kunnen stellen voor het afgekaderde gebied. Hierdoor ontstaan er specifieke maatregelen die aansluiten bij de richtlijnen en de gekozen locatie.

Wanneer er één of meerdere maatregelen gekozen zijn bij de situatie en het duidelijk is hoe deze maatregelen toegepast zouden kunnen worden, is het van belang dat er ook rekening gehouden wordt met de onderhoudskosten. Om de efficiëntie van de maatregelen zo groot mogelijk te houden kan er namelijk sprake zijn van onderhoud. Zo vergen intensieve groene daken meer onderhoud dan extensieve daken, waardoor de kosten ook op kunnen lopen. Het is dus verstandig om hier rekening mee te houden tijdens het ontwerpen en de keuze van maatregelen. Hierbij kan de richtlijn van het budget gebruikt worden.

4. Advies

Om voor een verlaging van de oppervlaktetemperatuur te zorgen, is het verstandig om het stappenplan dat beschreven staat in de methode te gebruiken. Hierdoor wordt er een gebied afgekaderd, een locatie en maatregelen gekozen en een ontwerp opgezet. De gemeente Hardenberg kan door middel van de hittestresskaart een keuze maken tussen hotspots, om zich vervolgens verder te verdiepen in de situatie omtrent de gekozen locatie. Vervolgens kan zij zich oriënteren op beschikbare maatregelen wat betreft het verlagen van de oppervlaktetemperatuur, om vervolgens hierbij richtlijnen op te stellen. Aansluitend kunnen specifieke maatregelen gekozen worden die geschikt zijn voor de eerder gekozen locatie en aansluiten bij de opgestelde richtlijnen.

5. Discussie

Voor het onderzoek en de paper was een beperkt tijdsframe beschikbaar. Het begin van deze periode is verloren gegaan aan andere onderzoeken waardoor de verdieping en volledigheid in dit onderzoek bij sommige aspecten in twijfel kan worden getrokken. Ook lag in het begin van dit onderzoek de focus bij het opstellen van een optionele oplossing voor het parkeerdek Gedempte Haven in gemeente Hardenberg, één van de hotspots. Het was de bedoeling om door middel van het aanpassen van het parkeerdek de oppervlaktetemperatuur te verlagen, maar dit is verder in het onderzoek aangepast en uitgebreid naar een instructiewijze waarmee dergelijke maatregelen zoals deze eerst voor het parkeerdek opgesteld zou worden kunnen worden opgesteld. Dit onderzoek is dus begonnen met als toepassing het parkeerdek, waarna er later pas uitgezoomd werd tot een algemene instructiewijze. Er kan daarom niet worden uitgesloten dat er geen sprake is geweest van tunnelvisie met betrekking tot de informatie die verkregen is bij het onderzoek naar het parkeerdek als locatie.

Tijdens het onderzoek wordt er voor het selecteren en afkaderen van een locatie in stap 1 met een hogere oppervlaktetemperatuur gebruik gemaakt van de hittestresskaart. De bron van deze weergave is in 2020 samengesteld wat betekent dat de metingen tussen de twee en drie jaar geleden uitgevoerd zijn. In dit onderzoek wordt aangenomen dat de locaties met de hoogste temperatuur in het huidige jaartal nog steeds de hotspots zijn waarbij de temperatuur enigszins zou kunnen verschillen. Afgelopen 2-3 jaren zijn er in Hardenberg veel aanpassingen gedaan in de infrastructuur wat een effect heeft op de oppervlaktetemperatuur. De hittestresskaart is dus niet accuraat voor de huidige infrastructuur. De gemeente Hardenberg zou voor betrouwbaardere gegevens kunnen kijken naar een recentere hittestresskaart of de oppervlaktetemperatuur zelf moeten meten. Er zal bij een meer recentere hittestresskaart een verlaging of verhoging van de oppervlaktetemperatuur in Hardenberg te zien kunnen zijn bij onder andere de locaties waar de infrastructuur aangepast is, waardoor de keuze van een locatie met een hogere oppervlaktetemperatuur verschillend kan zijn in vergelijking met de gebruikte hittestresskaart uit 2020. Hierbij zou stap 1 van dit onderzoek afwijken. De gebruikte hittestresskaart is van een warme zomerdag, waardoor de gegevens afwijken van het gemiddelde. Hiermee moet ook rekening gehouden worden tijdens het besluiten over maatregelen. Tijdens het onderzoek is hier verder geen rekening mee gehouden.

Daarnaast moet er gekeken worden naar de betrouwbaarheid van deze hittestresskaart, aangezien de kaart is samengesteld door beelden van satellieten. Wanneer de oppervlaktetemperatuur van het afgekaderde gebied en/of de gekozen locatie lokaal wordt gemeten met andere meetapparatuur, is het mogelijk dat de resultaten van deze metingen verschillen, wat invloed zou hebben op het onderzoek.

Een ander discussiepunt is dat bij de onderverdeling van boom- en vegetatiebedekking zijn de resultaten genomen van een onderzoek uit 2014 (Skelhorn et al., 2014c). Deze studie vond plaats in de buurt van Manchester, Verenigd Koninkrijk, waarbij deze resultaten zijn genomen als gemiddeldes van deze types boom- en vegetatiebedekking in het algemeen. Echter kunnen de omstandigheden in de omgeving van Manchester en Hardenberg beduidend verschillend zijn, waardoor mogelijk deze resultaten niet als geheel toepasbaar voor Hardenberg kunnen worden beschouwd.

Ook spelen bij het ontstaan van een UHI demografische aspecten een grote rol. In het onderzoek zijn deze demografische aspecten niet behandeld en is er een aanname gemaakt dat op elke plek in de wereld een UHI zou kunnen ontstaan. Demografische aspecten kunnen een rol spelen in de keuze van maatregelen voor het verlagen van de oppervlaktetemperatuur, waardoor maatregelen juist wel of niet geschikt zijn. Hiermee is tijdens het onderzoek geen rekening gehouden.

6. Bibliografie

Akbari, H., Levinson, R., & Rainer, L. (2005). Monitoring the energy-use effects of cool roofs on California commercial buildings. *Energy and Buildings*, 37(10), 1007–1016. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.11.013>

Akbari, H., Menon, S., & Rosenfeld, A. (2008). Global cooling: increasing world-wide urban albedos to offset CO₂. *Climatic Change*, 94(3–4), 275–286. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9515-9>

Allen, L., Lindberg, F., & Grimmond, C. S. B. (2010). Global to city scale urban anthropogenic heat flux: model and variability. *International Journal of Climatology*, 31(13), 1990–2005. <https://doi.org/10.1002/joc.2210>

Arnold, C. L., & Gibbons, C. J. (1996). Impervious Surface Coverage: The Emergence of a Key Environmental Indicator. *Journal of the American Planning Association*, 62(2), 243–258. <https://doi.org/10.1080/01944369608975688>

Besir, A. B., & Cuce, E. (2018a). Green roofs and facades: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 915–939. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.106>

Besir, A. B., & Cuce, E. (2018b). Green roofs and facades: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 915–939. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.106>

Bevilacqua, P., Mazzeo, D., Bruno, R., & Arcuri, N. (2017). Surface temperature analysis of an extensive green roof for the mitigation of urban heat island in southern mediterranean climate. *Energy and Buildings*, 150, 318–327. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.05.081>

Bomen tegen hitte: Top 10 van hittestress en droogtebomen. (z.d.). Green citie Europe. Geraadpleegd op 28 juni 2019, van <https://nl.thegreencities.eu/bomen-tegen-hitte-top-10-van-hittestress-en-droogte-bomen/>

Bonafoni, S., Baldinelli, G., Rotili, A., & Verducci, P. (2017a). Albedo and surface temperature relation in urban areas: Analysis with different sensors. 2017 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE). <https://doi.org/10.1109/jurse.2017.7924612>

Bonafoni, S., Baldinelli, G., Rotili, A., & Verducci, P. (2017b). Albedo and surface temperature relation in urban areas: Analysis with different sensors. 2017 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE). <https://doi.org/10.1109/jurse.2017.7924612>

Bonafoni, S., Baldinelli, G., Rotili, A., & Verducci, P. (2017c). Albedo and surface temperature relation in urban areas: Analysis with different sensors. 2017 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE). <https://doi.org/10.1109/jurse.2017.7924612>

Climate Change: Global Temperature. (z.d.). NOAA Climate.gov. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>

Dunning, D. (2011). The Dunning–Kruger Effect.

Advances in Experimental Social Psychology, 247–296. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-385522-0.00005-6>

Gago, E., Roldan, J., Pacheco-Torres, R., & Ordóñez, J. (2013). The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 749–758. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.057>

Gago, E., Roldan, J., Pacheco-Torres, R., & Ordóñez, J. (2013a). The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 749–758. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.057>

Gago, E., Roldan, J., Pacheco-Torres, R., & Ordóñez, J. (2013b). The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 749–758. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.057>

Gago, E., Roldan, J., Pacheco-Torres, R., & Ordóñez, J. (2013c). The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 749–758. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.057>

Gago, E., Roldan, J., Pacheco-Torres, R., & Ordóñez, J. (2013d). The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 749–758. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.057>

Getter, K. L., & Rowe, D. B. (2006). The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. *HortScience*, 41(5), 1276–1285. <https://doi.org/10.21273/hortsci.41.5.1276>

Gill, S., Handley, J., Ennos, A., & Pauleit, S. (2007). Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115–133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>

Harvey, L. A. (2000). *Global warming: the hard science*. Prentice Hall eBooks. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA49834404>

Hiemstra, J. A. (2021). Groen in de wijk als maatregel tegen hitte. Wur. <https://www.wur.nl/nl/nieuws/groen-in-de-wijk-als-maatregel-tegen-hitte.htm>

IPCC à Intergovernmental Panel on Climate Change. (n.d.). IPCC. <https://www.ipcc.ch/>

J. C. DeNardo, A. R. Jarrett, H. B. Manbeck, D. J. Beattie, & R. D. Berghage. (2005). STORMWATER MITIGATION AND SURFACE TEMPERATURE REDUCTION BY GREEN ROOFS. *Transactions of the ASAE*, 48(4), 1491–1496. <https://doi.org/10.13031/2013.19181>

Jaffal, I., Ouldboukhithine, S. E., & Belarbi, R. (2012). A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. *Renewable Energy*, 43, 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.12.004>

Jamei, E., Chau, H. W., Seyedmahmoudian, M., & Stojcevski, A. (2021a). Review on the cooling potential of green roofs in different climates. *Science of The Total Environment*, 791, 148407. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148407>

Jamei, E., Chau, H. W., Seyedmahmoudian, M., & Stojcevski, A. (2021b). Review on the cooling potential of green roofs in different climates. *Science of The Total Environment*, 791, 148407. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148407>

Jamei, E., Chau, H. W., Seyedmahmoudian, M., & Stojcevski, A. (2021c). Review on the cooling potential of green

roofs in different climates. *Science of The Total Environment*, 791, 148407. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148407>

Jamei, E., Chau, H. W., Seyedmahmoudian, M., & Stojcevski, A. (2021d). Review on the cooling potential of green roofs in different climates. *Science of The Total Environment*, 791, 148407. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148407>

Jamei, E., Chau, H. W., Seyedmahmoudian, M., & Stojcevski, A. (2021e). Review on the cooling potential of green roofs in different climates. *Science of The Total Environment*, 791, 148407. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148407>

Jamei, E., Chau, H. W., Seyedmahmoudian, M., & Stojcevski, A. (2021f). Review on the cooling potential of green roofs in different climates. *Science of The Total Environment*, 791, 148407. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148407>

Jamei, E., Chau, H. W., Seyedmahmoudian, M., & Stojcevski, A. (2021g). Review on the cooling potential of green roofs in different climates. *Science of The Total Environment*, 791, 148407. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148407>

Kerwin-Boudreau, S., & Butler-Kisber, L. (2016). Deepening Understanding in Qualitative Inquiry. *The Qualitative Report*. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2016.2623>

KIM, H. H. (1992). Urban heat island. *International Journal of Remote Sensing*, 13(12), 2319–2336. <https://doi.org/10.1080/01431169208904271>

Kovats, R. S., & Hajat, S. (2008). Heat Stress and Public Health: A Critical Review. *Annual Review of Public Health*, 29(1), 41–55. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090843>

Monterusso, M. A., Rowe, D. B., & Rugh, C. L. (2005). Establishment and Persistence of Sedum spp. and Native Taxa for Green Roof Applications. *HortScience*, 40(2), 391–396. <https://doi.org/10.21273/hortsci.40.2.391>

Nationale Hittestresskaart. (z.d.). <https://www.nationalehittestresskaart.nl/>

NCEI.Monitoring.Info@noaa.gov. (z.d.). Annual 2022 Global Climate Report | National Centers for Environmental Information (NCEI). <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202213>

Parida, B., Iniyas, S., & Goic, R. (2011). A review of solar photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1625–1636. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.032>

Quinn, T. J. (2013). *Temperature: Second Edition*. Academic Press.

Razzaghmanesh, M., & Beecham, S. (2014). The hydrological behaviour of extensive and intensive green roofs in a dry climate. *Science of The Total Environment*, 499, 284–296. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.08.046>

Razzaghmanesh, M., Beecham, S., & Salemi, T. (2016). The role of green roofs in mitigating Urban Heat Island effects in the metropolitan area of Adelaide, South Australia. *Urban Forestry & Urban Greening*, 15, 89–102. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.11.013>

RIZWAN, A. M., DENNIS, L. Y., & LIU, C. (2008a). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120–128. [https://doi.org/10.1016/s1001-0742\(08\)60019-4](https://doi.org/10.1016/s1001-0742(08)60019-4)

RIZWAN, A. M., DENNIS, L. Y., & LIU, C. (2008b). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120–128. [https://doi.org/10.1016/s1001-0742\(08\)60019-4](https://doi.org/10.1016/s1001-0742(08)60019-4)

Skelhorn, C., Lindley, S., & Levermore, G. (2014a). The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city: A fine scale assessment in Manchester, UK. *Landscape and Urban Planning*, 121, 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.09.012>

Skelhorn, C., Lindley, S., & Levermore, G. (2014b). The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city: A fine scale assessment in Manchester, UK. *Landscape and Urban Planning*, 121, 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.09.012>

Skelhorn, C., Lindley, S., & Levermore, G. (2014c). The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city: A fine scale assessment in Manchester, UK. *Landscape and Urban Planning*, 121, 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.09.012>

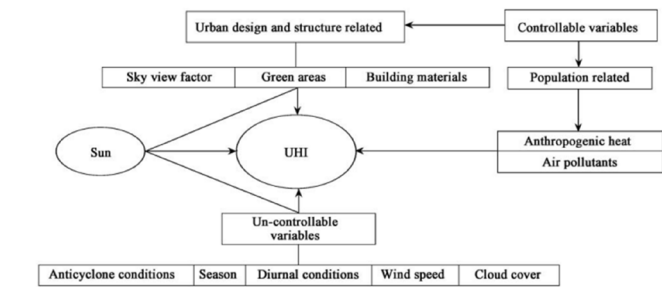
Smit, A. J. (2018, juni). Complexe problemen oplossen: Design thinking of ontwerpgericht onderzoek? Hanze Hogeschool. Geraadpleegd op 3 februari 2023, van https://research.hanze.nl/ws/files/24668688/Art_Des_th_Ontw_ond_OndInno2018_AJSmit.pdf

Stella, P., & Personne, E. (2021). Effects of conventional, extensive and semi-intensive green roofs on building conductive heat fluxes and surface temperatures in winter in Paris. *Building and Environment*, 205, 108202. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108202>

Taha, H. (1997). Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and Buildings*, 25(2), 99–103. [https://doi.org/10.1016/s0378-7788\(96\)00999-1](https://doi.org/10.1016/s0378-7788(96)00999-1)

Vargo, J., Stone, B., Habeeb, D., Liu, P., & Russell, A. (2016). The social and spatial distribution of temperature-related health impacts from urban heat island reduction policies. *Environmental Science & Policy*, 66, 366–374. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.08.012>

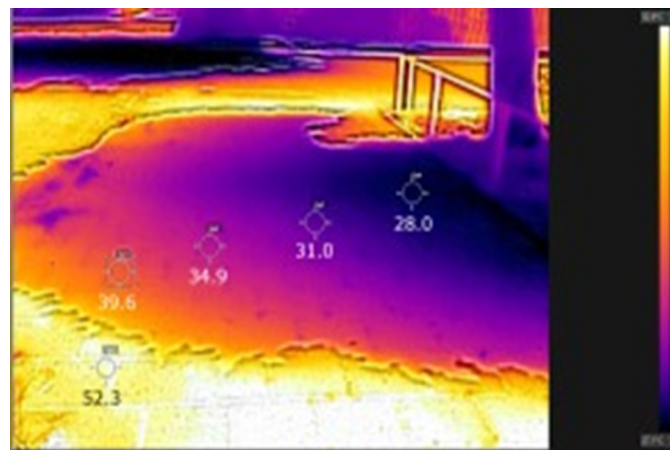
Wang, Y., Li, Y., Sabatino, S. D., Martilli, A., & Chan, P. W. (2018). Effects of anthropogenic heat due to air-conditioning systems on an extreme high temperature event in Hong Kong. *Environmental Research Letters*, 13(3), 034015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa848>



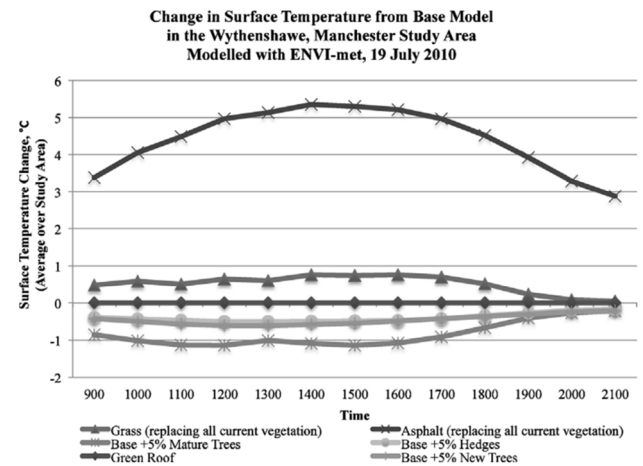
Figuur 1, overzicht variabelen UHI (RIZWAN et al., 2008)



Figuur 2, schaduwpercentage (Hiemstra, 2021)



Figuur 3, warmtebeeld schaduwpercentage (Hiemstra, 2021)

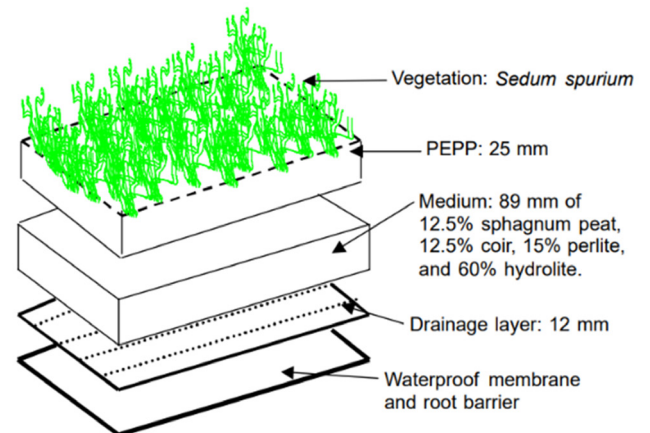


Figuur 4, Verschillen in oppervlaktetemperatuur (Skelhorn et al., 2014)

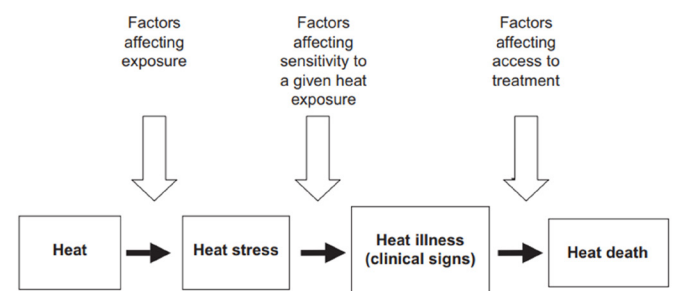
Surface temperature and leaf area changes compared to base model.

Greenspace type	Average surface temperature change (°C)	Change in total leaf area (m ²)
+5% mature trees	-1.00	167,328
+5% new trees	-0.51	114,912
+5% Hedges	-0.46	38,304
Grass only, replacing current vegetation	0.62	-258,048
Asphalt only, replacing current vegetation	4.69	-322,560

Figuur 5, veranderingen in oppervlaktetemperatuur bij verschillen in bladbedekking van het oppervlak (Skelhorn et al., 2014b)

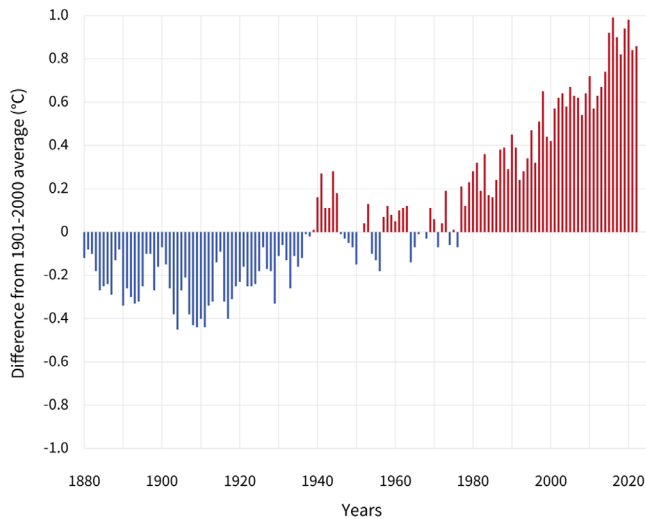


Figuur 6, opbouw groen dak (J. C. DeNardo et al., 2005)

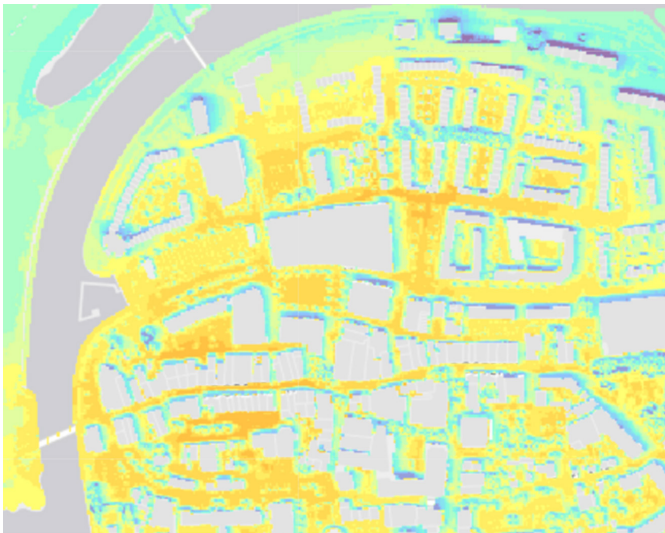


Figuur 7, de gevolgen van hittestress (Kovats & Hajat, 2008)

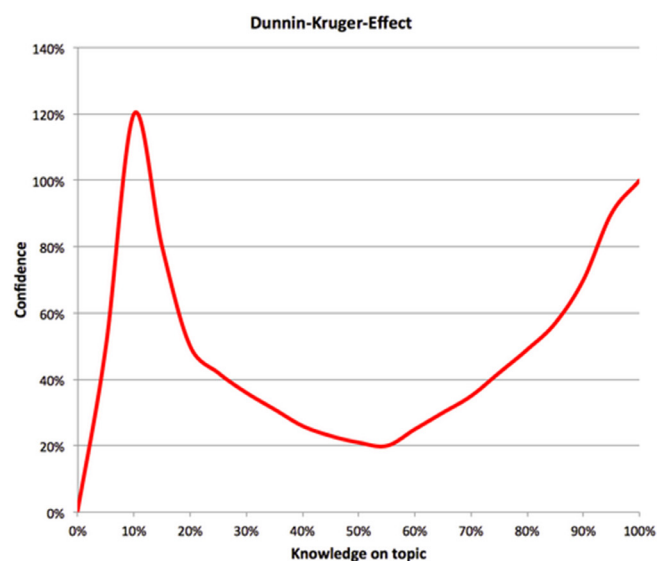
GLOBAL AVERAGE SURFACE TEMPERATURE



Figuur 8, gemiddelde oppervlaktetemperatuur wereldwijd (Climate Change: Global Temperature, z.d.)



Figuur 9, hittestresskaart Hardenberg (Nationale Hittestresskaart, z.d.)



Figuur 10, het Dunning-Kruger-Effect (Dunning, 2011)

Eis	Onderbouwing
Het creëren van een zo duurzaam mogelijk milieu met in het bijzonder de aandacht voor klimaatbestendigheid en het Urban Heat Island Effect.	Wanneer er wordt gekeken naar oplossingen voor een beter en duurzamer milieu, is het een logische conclusie om dit ook als eis te hebben. Hittestress is een onderdeel van klimaatbestendigheid, wat het daardoor noodzakelijk maakt om rekening mee te houden. Daarnaast is het Urban Heat Island Effect een oorzaak van hittestress, waardoor dit ook direct wordt meegenomen.
Het ontwikkelen van een leefbaar milieu voor mens en dier waarbij ook hier de aandacht ligt op het verlagen van de oppervlaktetemperatuur.	Door de opwarming van de oppervlaktetemperatuur wordt het milieu waarin mens en dier leven veranderd. Deze veranderingen kunnen negatieve gevolgen hebben, daarom is het belangrijk om een leefbaar milieu te behouden en eventueel weer te creëren wanneer er wordt gekeken naar maatregelen voor het verlagen van de oppervlaktetemperatuur.
Natuurlijke processen en ecologie worden behouden.	Natuurlijke processen en ecologie zijn noodzakelijk voor processen die de oppervlaktetemperatuur kunnen verlagen en houden het milieu leefbaar voor mens en dier.
Er wordt rekening gehouden met de belangen en waarden van de inwoners van Hardenberg.	Wanneer de aanpassingen voor temperatuurvermindering gevolgen kunnen hebben voor het dagelijks leven van inwoners, moet er worden geluisterd naar de input van de inwoners.
De toekomstige ontwerpen moeten overzichtelijk en duidelijk te interpreteren zijn.	Overzicht in de ontwerpen zorgt ervoor dat er duidelijk onderscheid gemaakt kan worden tussen de verschillende ontwerpen. Hierdoor kunnen er goede onderbouwde keuzes en beslissingen gemaakt worden.
Er wordt rekening gehouden met het beschikbare budget en onderhoudskosten worden meegenomen.	Zonder budget kunnen dergelijke maatregelen niet worden uitgevoerd. Ook onderhoudskosten zijn van belang om de efficiëntie van de genomen maatregelen zo hoog mogelijk te houden.

Figuur 11, het programma van eisen

Invloed van Co^{2+} op de oppervlakte van de doorsnede van stikstofbindende wortelknolletjes van *Pisum sativum*

F.B.R. Nijman¹, D.T.A. Venema², P. Wierbos³, N. Spier⁴, A.A. ten Cate⁴, E. Meijer⁴, J. Stuifzand⁵, M. Kondring⁵, J.M.P.M. Habraken¹, G.G.N. Haverkamp², B. van Kampen³, L. Holsbeeke⁴

¹Het Stedelijk Lyceum, Kottenpark, Enschede

²Bataafs Lyceum, Hengelo

³Zeven Linden College, Dedemsvaart

⁴Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

⁵Vaste Plantenkwekerij Heutinck, Enschede

Abstract - One of the most unique characteristics of legumes is their symbiotic relationship with nitrogenfixating bacteria called Rhizobia. This mutualistic symbiosis takes place in nitrogen-fixating root nodules, located on the roots of these legume plants. It has been known that the ion cobalt(II), Co^{2+} , has an effect on Rhizobium, and as result on the growth factors of the plant. However, no study which researched the influence of Co^{2+} on the size of the nitrogen-fixating root nodules had been done. Knowledge about the effect of Co^{2+} on the size of root nodules, combined with information about the link between this size and the entirety of the plant, could help with growing pea plants more efficiently.

In this research, the influence of Co^{2+} on the average area of the cross-section of the root nodules was examined, by growing *Pisum sativum* in different groups with soil containing $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ or NaCl in various concentrations. Results showed that the concentrations of 6.0 and 12.0 mg Co^{2+} per kg soil had a positive influence on the size of the root nodules and that the concentration of 24.0 mg Co^{2+} per kg soil had a negative influence, compared to the corresponding NaCl groups. However, when applying standard deviation, it was found that no valid conclusion could be drawn. Follow-up research is recommended to further investigate the connection between Co^{2+} and the size of root nodules.

1. Introductie

De peul (*Pisum sativum*) is al eeuwen een belangrijke bron van voeding voor mensen en dieren en heeft veel gezondheidsvoordelen (Dahl et al., 2012). Een unieke eigenschap van de vlinderbloemigenfamilie waar de peul zich in bevindt, is de mutualistische symbiose (het samenleven van verschillende soorten organismen, waarbij alle organismen profiteren) met bacteriën van het geslacht *Rhizobium*, die zich bevinden in wortelknolletjes aan de wortels van de plant (Schwember et al., 2019), zie figuur 1. Door deze symbiose hebben bepaalde stoffen, zoals Co^{2+} , andere effecten op *Pisum sativum* dan op planten in andere families. In dit onderzoek wordt bekeken wat de invloed van Co^{2+} is op de oppervlakte van de doorsnede van stikstofbindende wortelknolletjes. Kennis hierover, gecombineerd met informatie uit vervolgonderzoek over het verband tussen de grootte van de wortelknolletjes en andere groeifactoren, kan uiteindelijk helpen bij de optimalisatie van peulenkweek. Ook kan het meer algemeen inzicht geven in de werking van deze symbiose, wat nuttig kan zijn voor andere toepassingen zoals het behandelen van grond vervuild met zware metalen (Jing et al., 2007).

2. Stikstofbindende wortelknolletjes

Stikstofbindende wortelknolletjes zijn kleine uitstulpingen aan de wortels van bepaalde plantensoorten, voornamelijk vlinderbloemigen (Fabaceae of Leguminosae). In deze knolletjes vindt een symbiose plaats met bacteriën van het geslacht *Rhizobium*, die stikstof uit de atmosfeer (N_2) binden tot ammoniak (NH_3), een proces dat stikstoffixatie heet. Dit gebruikt de plant voor assimilatie, een biochemisch proces waarbij een organische stof wordt gesynthetiseerd uit anorganische stoffen of eenvoudigere organische stoffen (Schwember et al., 2019).

Er zijn bepaalde en onbepaalde stikstofbindende wortelknolletjes. Onbepaalde wortelknolletjes hebben een actief meristeem (een weefsel van delende cellen), waardoor ze

blijven groeien. Bepaalde wortelknolletjes hebben geen actief meristeem en groeien dus niet (Dupont et al., 2012). De *Pisum sativum* heeft onbepaalde wortelknolletjes

3. Effect van kobalt op vlinderbloemigen

Kobalt(II), Co^{2+} , is een onmisbaar bestanddeel van vitamine B12, dat essentieel is voor *Rhizobium*bacteriën. Wanneer er onvoldoende Co^{2+} in de omgeving aanwezig is, zorgt dit voor verminderde functionaliteit van *Rhizobium*-bacteriën en daardoor ook voor minder stikstoffixatie (Bacteriol et al., 1969). Dit is nadelig voor de plant (Schwember et al., 2019).

In eerdere onderzoeken is gevonden dat Co^{2+} in kleine concentraties in de aarde een positief effect heeft op vlinderbloemigen, d.w.z. op de lengte, het nat gewicht en het drooggewicht van de stengels en wortels; op de hoeveelheid bladeren, wortelknolletjes, takken en groeitoppen; op de diameter van de stam-stengel; op de oppervlakte van de bladeren en op de hoeveelheid en grootte van de vruchten (Kandil et al., 2013; Gad, 2006). Ook zorgt het voor een kleinere hoeveelheid benodigde voedingsstoffen (Gad, 2006). Deze effecten zijn bij de sojaboon, *Glycine max* Merr, het grootst bij een concentratie van 12,0 mg Co^{2+} per kg aarde. Bij hogere concentraties Co^{2+} is het effect nog steeds positief ten opzichte van 0 mg Co^{2+} per kg aarde, maar minder groot dan bij 12,0 mg Co^{2+} per kg aarde (Kandil et al., 2013). Bij peulen, *Pisum sativum*, is te zien dat een concentratie van 8,0 mg Co^{2+} per kg een positief effect heeft op het totale aantal en het aantal actieve wortelknolletjes (Gad, 2006).

Over het effect van Co^{2+} op de grootte van onbepaalde stikstofbindende wortelknolletjes is niets bekend. Doordat Co^{2+} toegevoegd in de aarde op vele groeifactoren en ook op de hoeveelheid wortelknolletjes een effect heeft, is het te beredeneren dat de grootte van de wortelknolletjes hierdoor ook verandert.

Dit onderzoek bekijkt het effect van verschillende concentraties CoCl_2 in vergelijking met NaCl op de oppervlakte van de

doorsnede van de stikstofbindende wortelknolletjes van *Pisum sativum*. Omdat Co^{2+} zorgt voor het beter functioneren van de Rhizobium-bacterie en voor een positief effect op de groeifactoren van de plant, is de verwachting dat het toevoegen van Co^{2+} bij alle gebruikte concentraties ervoor zorgt dat de wortelknolletjes groter zijn dan bij aarde met toegevoegde Na^+ . Daardoor wordt ook de oppervlakte van de doorsnede van de wortelknolletjes groter wanneer Co^{2+} is toegevoegd. Omdat uit een studie van Kandil et al. (2013) bleek dat de positieve effecten van Co^{2+} het grootst zijn bij 12,0 mg Co^{2+} per kg aarde, wordt verwacht dat het effect van Co^{2+} op de grootte van de wortelknolletjes ook het grootst is bij 12,0 mg Co^{2+} per kg aarde en afneemt bij hogere concentraties.

3. Materialen en methode

3.1 Zaaïen van *Pisum sativum*

Er zijn zeven kratten met een binnenwerks afmeting van 0,570 x 0,371 x 0,246 m genomen, waarin elk een niet-biologisch-afbreekbare vuilniszak van 120 L is gelegd, om te voorkomen dat de toegevoegde zouten bij het water geven uit het krat zouden spoelen. Vervolgens is ieder krat gevuld met 9,0 kg teeltaarde, afgewogen door op een personenweegschaal het verschil te nemen tussen iemands massa met gevuld krat en leeg krat. Dit is gedaan omdat het een haalbare weegmethode was en nauwkeuriger was dan een schatting.

In de gebruikte teeltaarde hadden niet eerder planten gegroeid, zodat dat geen invloed had op de samenstelling. Het recept van de teeltaarde was: oppotsubstraat VP algemeen met 1,5 kg OSM 8/9 M + 0,5 kg OSM Start + 2 kg DCM Vivisol + Pgmix + MCM. Deze aarde is gekozen omdat deze al aanwezig was in de kas en omdat het volgens de kweker J. Stuifzand een geschikt mengsel was voor het groeien van *Pisum sativum* (J. Stuifzand, persoonlijke communicatie, september 2022).

In drie van de zeven kratten is NaCl toegevoegd en in drie andere kratten $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, volgens de massa's die dikgedrukt zijn in tabel 1. Op deze manier waren de concentraties Cl^- telkens overeenkomstig voor de kratten met hetzelfde nummer (dus gelijke concentraties Cl^- voor 1a en 1b, en gelijke concentraties voor 2a en 2b, etc.), zodat het duidelijk zou worden of eventuele invloeden van CoCl_2 veroorzaakt werden door Co^{2+} of Cl^- . In het laatste krat werden geen stoffen aan de aarde toegevoegd.

Er is gekozen voor NaCl als controlegroep omdat het Na^+ -ion een veelgebruikt positief ion is in vergelijkbare onderzoeken en dit ion in dusdanige concentraties een verwaarloosbaar effect heeft op de plant (Mession et al., 2013; Adamakis et al., 2007; Khan et al., 2022). De zouten zijn toegevoegd door ze eerst af te wegen met een analytische balans met een nauwkeurigheid van 0,1 mg en ze vervolgens op te lossen in 10 L kraanwater, dat met een gieter in de bakken werd gegoten. Op deze manier werden de zouten zo homogeen mogelijk over de aarde verdeeld.

Vervolgens zijn in elk krat tien zaden van *Pisum sativum*, ras 'Norli', geplant, volgens figuur 2. Deze plantafstand was voldoende voor de groei. De zaden werden gezaaid op de aangeraden diepte van 2 cm. Er is gekozen voor een totaal van zeventig planten, omdat dat maximaal haalbaar was met de beperkte tijd, ruimte en middelen.

3.2 Groeien van *Pisum sativum*

Nadat de zaden in kwekerij Heutinck in Enschede waren geplant, hebben de planten 61 dagen gegroeid, vergelijkbaar

met het onderzoek van Gad, N. (2006). In de landbouwsector groeit *Pisum sativum* weliswaar langer, maar de beschikbare tijd was beperkt en na deze periode zouden de wortelknolletjes zichtbaar zijn (Lindemann & Glover, 2003).

Lichtintensiteit, temperatuur en luchtvochtigheid waren volledig afhankelijk van het weer (Enschede, Nederland, 17 september tot 17 november 2022) en het effect daarvan op de omstandigheden in de kas. De kas was overdekt met glas; er waren geen muren in de buurt van de bakken, die de lichtintensiteit konden verminderen. Er is geen water gegeven naast de 10 L aan het begin, omdat de planten genoeg vocht hadden voor de rest van de groeitijd en ter preventie van schimmelziektes.

3.3 Analyseren van stikstofbindende wortelknolletjes

De planten zijn na 61 dagen uit de grond gehaald en met de hand ontdaan van aarde, zodat de wortelknolletjes beter zichtbaar werden. Bij elke plant zijn de drie stikstofbindende wortelknolletjes het dichtst bij de bovengrondse stengel afgesneden bij de wortel, omdat dit de manier was waarbij het beste alle groepen gelijk behandeld werden, ondanks de beperkte tijd.

De afgesneden wortelknolletjes werden doorgesneden vanaf het punt waar deze vastzaten aan de wortel tot het tegenovergestelde uiteinde, zodat alle wortelknolletjes op een gelijke manier behandeld werden. Een van de twee helften werd, met de snijkant naar boven, op een schuimmatje gelegd, waar bovenop een glasplaat werd gelegd. Daardoor werd het halve wortelknolletje in het schuimmatje gedrukt, waarbij de gesneden kant direct tegen de glasplaat aan kwam te liggen. Dit zorgde elke keer voor een gelijke afstand tot de microscooplens. Een digitale lichtmicroscoop van het merk Supereyes, model B003+, werd op de glasplaat boven het halve wortelknolletje geplaatst en er werd daarmee een foto gemaakt. Zie figuur 3 voor de opstelling.

De oppervlaktes van de gefotografeerde wortelknolletjes zijn geanalyseerd met het programma ImageJ. Hierbij zijn handmatig punten gezet rond het wortelknolletje, waartussen automatisch een lijn werd getrokken door ImageJ, zie figuur 4. De oppervlakte in pixels werd automatisch berekend en is omgerekend tot mm^2 . Als referentie is een geodriehoek gebruikt.

4. Resultaten

Van de 70 zaden zijn er 53 ontkiemd. Van elke plant zijn drie wortelknolletjes bekeken en geanalyseerd, behalve bij plant 2b-4 en 2b-8. Plant 2b-4 had maar één wortelknolletje en plant 2b8 had twee wortelknolletjes. In tabel 2 is de oppervlakte van de doorsnede van elk geanalyseerd wortelknolletje te zien. De waarden variëren van 1,00 mm^2 tot 11,97 mm^2 .

In figuur 5 is de gemiddelde oppervlakte van de wortelknolletjes per groep in mm^2 te zien. Uit deze resultaten blijkt dat de planten met 47,6 mg NaCl per kg aarde wortelknolletjes hebben met gemiddeld het grootste oppervlak. De planten zonder toegevoegde CoCl_2 of NaCl hebben daarna het grootste oppervlak. Hierna kwamen respectievelijk de groepen met 13,2 mg CoCl_2 ; 26,4 mg CoCl_2 ; 52,9 mg CoCl_2 en 11,9 mg NaCl per kg aarde. De groep planten met gemiddeld het kleinste oppervlak van de wortelknolletjes is de groep met 23,8 mg NaCl per kg aarde. Met een standaarddeviatie van 2 σ vallen alle resultaten binnen elkaars foutmarge.

5. Conclusie

Er is in figuur 5 te zien dat hoe hoger de concentratie CoCl_2 , hoe kleiner de gemiddelde oppervlakte. Voor de groepen met NaCl geldt dit verband ook, behalve voor de groep met de hoogste concentratie (47,6 mg NaCl per kg aarde), wat de enige groep is die gemiddeld grotere wortelknolletjes heeft dan de groep zonder toegevoegde zouten. Doordat een toenemende concentratie CoCl_2 niet hetzelfde effect heeft als een toenemende concentratie NaCl, is te beredeneren dat Cl^- niet de (enige) oorzaak is voor de verandering van de oppervlaktes. Aan de hand van bestaande literatuur was verwacht dat Co^{2+} ten opzichte van Na^+ bij alle gebruikte concentraties een positief effect zou hebben op de oppervlakte van de wortelknolletjes. Bij de laagste concentratie (6,0 mg Co^{2+} per kg aarde, oftewel 13,2 mg CoCl_2 per kg aarde) en de middelste concentratie (12,0 mg Co^{2+} per kg aarde, oftewel 26,4 mg CoCl_2 per kg aarde) laten de resultaten inderdaad een positief effect van Co^{2+} zien ten opzichte van de controlegroep met Na^+ . Er worden telkens groepen met gelijke concentraties Cl^- vergeleken (elke oranje balk wordt vergeleken met de blauwe balk vlak ernaast in figuur 5). Echter, bij de hoogste concentratie (24,0 mg Co^{2+} per kg aarde, oftewel 52,9 mg CoCl_2 per kg aarde) had Co^{2+} juist een negatief effect ten opzichte van Na^+ . Daarnaast was verwacht dat het positieve effect van Co^{2+} het grootst zou zijn bij de middelste concentratie (12,0 mg Co^{2+} per kg aarde, oftewel 26,4 mg CoCl_2 per kg aarde), maar dit was het grootst bij de laagste concentratie (6,0 mg Co^{2+} per kg aarde, oftewel 13,2 mg CoCl_2 per kg aarde).

Al met al is uit deze resultaten te concluderen dat Co^{2+} ten opzichte van Na^+ een effect heeft op de oppervlakte van de wortelknolletjes, dat bij de concentraties van 6,0 en 12,0 mg Co^{2+} per kg aarde positief is en bij 24,0 mg Co^{2+} per kg aarde negatief is. Het is echter belangrijk om te benoemen dat de getrokken conclusies gebaseerd zijn op resultaten met een grote foutmarge. Met de gebruikte standaarddeviatie van 2σ vallen alle resultaten ruim in elkaars foutmarge, waardoor de conclusies niet valide zijn en de hypothese noch bevestigd, noch ontkend kan worden.

6. Discussie

6.1 Kleuren van de wortelknolletjes

Er viel op dat er duidelijke kleurverschillen tussen de individuele wortelknolletjes waren. Deze kleurverschillen zijn niet meegenomen in de resultaten en de conclusie, omdat dit geen onderdeel uitmaakt van de onderzoeksvraag. Toch is ervoor gekozen om dit wel in de discussie te analyseren, om dieper in te gaan op andere effecten van Co^{2+} op *Pisum sativum*, die met deze data bekeken kunnen worden.

Op de foto's werden rode, groene en gelige/witte gebieden in de wortelknolletjes waargenomen. In tabel 3 is te zien welk percentage van de wortelknolletjes per groep (gedeeltelijk) rood, groen en/of wit was. Uit eerder onderzoek is gebleken dat leghemoglobine, een felrode stof, cruciaal is voor de symbiose tussen een vlinderbloemige plant en *Rhizobium* (Ott et al., 2005). Ook is bekend dat een groene kleur veroorzaakt wordt doordat het heem in leghemoglobine wordt afgebroken; dit wijst op een verouderd wortelknolletje (Navascués et al., 2012). Uit onderzoek van Tajima et al. (2007) blijkt dat in alle wortelknolletjes die wit, gelig of groen zijn, er minder symbiose plaats kan vinden; de meeste activiteit vindt plaats in de rode wortelknolletjes.

Bij de kleur van de wortelknolletjes was het opvallend dat de

groepen met CoCl_2 meer rode wortelknolletjes hadden dan de groepen met NaCl. Bij de groepen met CoCl_2 waren per groep tussen de 48% en 62% van de wortelknolletjes (gedeeltelijk) rood. Bij de groepen met NaCl waren maar tussen de 19% en 38% (gedeeltelijk) rood. Bij de groep zonder toegevoegde zouten was 52% (gedeeltelijk) rood. De wortelknolletjes die zowel rood als groen waren zijn in de hier genoemde percentages ook meegenomen.

Aangezien de rode kleur veroorzaakt wordt door de leghemoglobine, die de symbiose bevordert, kan er beredeneerd worden dat er bij de groepen met toegevoegde CoCl_2 meer symbiose plaatsvond dan bij de groepen met toegevoegde NaCl. De hoeveelheid data waarop dit gebaseerd is, is echter beperkt.

Het onderzoek van Gad, N. (2006) wijst uit dat het toevoegen van 8,0 mg Co^{2+} per kg aarde zowel een toename van het totale aantal wortelknolletjes veroorzaakte, als een toename van het percentage actieve wortelknolletjes: van 68% actieve knolletjes bij de groep zonder Co^{2+} tot 81% actieve knolletjes bij de groep met Co^{2+} . Dit komt overeen met de trend in dit onderzoek, maar het valt op dat de percentages in het onderzoek van Gad, N. (2006) hoger liggen dan in dit onderzoek, zowel bij de groepen met als zonder Co^{2+} . Dit zou aan vele factoren kunnen liggen, zoals genotype, klimaat of de aanwezigheid van *Rhizobium*.

De data lijken overeen te komen met het feit dat Co^{2+} in kleine concentraties een positief effect heeft op groeifactoren en de opbrengst van vlinderbloemigen (zoals beschreven in de inleiding), wat te maken zou kunnen hebben met de toegenomen stikstoffixatie door een groter aantal rode wortelknolletjes. Er zou echter meer onderzoek gedaan moeten worden om de trend uit deze beperkte hoeveelheid data te bevestigen en om een mogelijk verband te ontdekken.

6.2 Beperkingen van het onderzoek

6.2.1 Samplegrootte

Er zijn een aantal factoren die de validiteit hebben beïnvloed. Ten eerste is er gewerkt met een beperkt aantal planten: per testgroep zijn er tien zaden geplant, waarvan per groep er zes tot tien zijn opgekomen. Door deze kleine groepen kunnen resultaten berust zijn op toevallige verschillen tussen de planten, bijvoorbeeld door genetische eigenschappen, waardoor de resultaten minder betrouwbaar en dus minder valide kunnen zijn.

Ook zijn alleen de drie stikstofbindende wortelknolletjes bekeken die zich het dichtst bij de bovengrondse stengel bevonden, omdat er onvoldoende tijd was om alle wortelknolletjes te analyseren. Het is niet bekend of de grootte van de bovenste drie wortelknolletjes representatief is voor het totaalbeeld van de grootte van alle wortelknolletjes van een plant.

Wat ook meespeelt, is dat het totale aantal wortelknolletjes per plant niet is meegenomen in het onderzoek, hoewel hier wel verschillen in waren. Uit onderzoek is gebleken dat Co^{2+} wel effect heeft op het totale aantal wortelknolletjes per plant (Gad, 2006). Als deze informatie hier ook onderzocht was, had dit bijvoorbeeld meer inzicht kunnen geven naar de totale oppervlakte van alle wortelknolletjes bij elkaar, wat meer informatie geeft over het totaalbeeld per plant.

6.2.2 Materialen

Enkele van de gebruikte materialen hadden onbekende eigenschappen, die een onbekend effect kunnen hebben gehad

op de resultaten. Allereerst was de samenstelling van de aarde alleen bekend wat betreft recept; er was niet af te leiden wat de exacte chemische samenstelling van de aarde was, aangezien dit niet in een lab kon worden geanalyseerd. Het was weliswaar bekend dat er geen Co^{2+} was toegevoegd door de producenten van de aarde, maar het is wel mogelijk dat het aanwezig was in de natuurlijke grondsoorten (veen, turf, klei, etc.) waar de aarde voor een (groot) deel uit bestond. Daarbij speelt ook microbiële samenstelling een rol; met name de aanwezigheid van *Rhizobium*, waarmee de symbiose plaatsvindt. Door een gebrek aan onderzoeksapparatuur is het onbekend in welke mate *Rhizobium* in de grond aanwezig was, dus dit is mogelijk een belemmerende factor voor de ontwikkeling van de wortelknolletjes geweest. Voor zowel de validiteit als de herhaalbaarheid van het onderzoek was het beter geweest als deze factoren wel bekend waren.

Ook van de gebruikte zaden was niet meer bekend dan de soort, ras en winkel. Mogelijk zijn de zaden van lage kwaliteit, zijn ze genetisch gemodificeerd of zijn er grote onderlinge verschillen tussen de zaden. Met name dat laatste is van belang: factoren zoals een verschillende afkomst bepalen de genetische diversiteit van de zaden die gebruikt zijn. Grote erfelijke verschillen tussen de individuele planten zorgen ervoor dat de resultaten meer berust zijn op toeval, met name in combinatie met de kleine samplegrootte. Er had beter gekozen kunnen worden voor zaden waarvan factoren zoals kwaliteit, afkomst en diversiteit bekend waren.

Daarnaast had de personenweegschaal die gebruikt was bij dit onderzoek een onbekende meetafwijking, waardoor het afwegen van de aarde mogelijk onnauwkeurig is gebeurd. Ook zat een van de voetjes van de weegschaal los, wat voor extra meetafwijking gezorgd kon hebben.

6.2.3 Uitvoering

6.2.3.1 Zaaïen en groeien van *Pisum sativum*

Tijdens de uitvoering van het onderzoek werd op een aantal dingen gestuit waardoor het onderzoek beperkt valide is. Om te beginnen is het planten van de zaden mogelijk niet exact volgens schema gebeurd en mogelijk zijn sommige zaden dieper geplant dan andere, aangezien het handmatig werd gedaan. Het effect hiervan op de plant is waarschijnlijk verwaarloosbaar, omdat de onnauwkeurigheid klein is ten opzichte van de plantafstand, maar het tast wel de herhaalbaarheid van het onderzoek aan.

Bovendien waren er tijdens het groeien van de planten ook enkele onvolkomenheden. Het kweken van de peulen gebeurde niet in het optimale seizoen, wat in het voorjaar zou zijn. Als ze bijvoorbeeld in februari zouden zijn geplant, zouden onder andere de wortels sneller gegroeid zijn (Vocanson et al., 2006). Hierdoor zou het gemiddelde meer valide worden, omdat de wortels en de wortelknolletjes dichter bij volgroeïng zouden zijn. Vanwege de beperkte tijd waarin het onderzoek uitgevoerd moest worden, was er geen andere keuze dan om de planten in de maanden september tot november te laten groeien.

Ook is het niet duidelijk of de groeitijd van de planten invloed heeft gehad op het verschil tussen de groepen. In de landbouw groeien peulen wel langer, dus de gekozen groeitijd is mogelijk geen goede representatie daarvan. Daarnaast waren de groeiomstandigheden ongecontroleerd: deze waren afhankelijk van het weer en het effect daarvan op de omgevingsfactoren in de kas, zoals temperatuur, luchtvochtigheid, luchtsamenstelling en lichtintensiteit. Hierdoor is het onderzoek minder

herhaalbaar.

Een ander punt is dat sommige planten niet ontkiemd waren. Het gemiddelde ontkiemingspercentage van alle groepen was 76%. Uit onderzoek is gebleken dat, afhankelijk van ras en genotype, het ontkiemingspercentage van *Pisum sativum* varieert van 77% tot 100% bij aarde zonder toegevoegd zout, waarbij een percentage van 90% of hoger het meest gerapporteerd wordt (Okçu et al., 2005; Tsegay & Gebreslassie, 2014; Khan et al., 2022). Een hogere concentratie NaCl heeft volgens deze drie onderzoeken een negatief effect op het ontkiemingspercentage, maar de gebruikte concentraties NaCl in deze onderzoeken zijn vele malen hoger dan de concentraties NaCl gebruikt in dit onderzoek, waardoor de toegevoegde NaCl een verwaarloosbaar effect heeft in dit onderzoek. Uitgaande van aarde zonder toegevoegd zout, is het ontkiemingspercentage in dit onderzoek iets lager dan data uit bestaande literatuur. Er is echter geen bestaand onderzoek te vinden over het ontkiemingspercentage van ras Norli, dat in dit onderzoek gebruikt is. Het relatief lage ontkiemingspercentage is mogelijk veroorzaakt door het ras en genotype, of doorsuboptimale omstandigheden ten gevolge van het seizoen. Door het relatief lage ontkiemingspercentage werd de samplegrootte nog kleiner. Daarnaast zorgde het voor ongelijke omstandigheden voor de planten. Sommige hadden binnen een straal van 10 cm twee buurplanten, terwijl andere er bijvoorbeeld geen hadden. Doordat buurplanten concurrenten zijn voor onder andere licht en voedingsstoffen, kon het ontkiemen van meer of minder planten per bak een effect hebben op de resultaten. Hier was niets opmerkelijks over te zien in de resultaten, maar het kan een rol hebben gespeeld.

Ook werd tijdens het uit de grond halen van de planten een platgedrukt plastic potje in de aarde van groep 2b gevonden, dat waarschijnlijk de groei van enkele individuen heeft belemmerd. Er was namelijk te zien dat de planten dicht bij het plastic potje kleiner waren dan de rest van de planten in de bak. Daarnaast was groep 2b de enige groep die planten had waar minder dan drie wortelknolletjes aan de wortels werden gevonden. In de groep zat ook een plant waarvan de stengel onder de grond in tweeën was gesplitst.

6.2.3.2 Analyseren van stikstofbindende wortelknolletjes

Bovendien waren er tijdens het analyseren van de wortelknolletjes nog andere uitdagingen. Ten eerste bleek het lastig om de wortels volledig van aarde te ontdoen zonder deze te beschadigen. Er is gekozen om voorzichtig te blijven, maar hierdoor bleef er aarde aan de wortels zitten, die het zicht op de wortels soms belemmerde. Dit, in combinatie met het kleine formaat van de wortelknolletjes en het feit dat het handmatig bekeken werd, zorgt ervoor dat er mogelijk enkele wortelknolletjes over het hoofd zijn gezien. Hierdoor zijn mogelijk niet altijd de bovenste drie knolletjes geanalyseerd. Het snijden van de wortelknolletjes is soms ook onnauwkeurig gebeurd: doordat de wortelknolletjes één tot enkele millimeters breed waren, was mensenwerk niet nauwkeurig genoeg om deze elke keer exact door de helft te snijden. Op sommige foto's zal hierdoor de kleinere helft staan, waardoor de oppervlakte in de resultaten kleiner is dan deze daadwerkelijk was. Er is alsnog voor deze methode gekozen, omdat hiermee het meest precies gemeten kon worden. Als de wortelknolletjes niet gehalveerd zouden zijn, zouden de foto's niet scherp zijn en zou de oppervlakte niet te bepalen zijn. Er was geen professionele apparatuur beschikbaar om dit halveren nauwkeuriger te doen.

Als alternatief was een volumebepaling mogelijk geweest. Echter, dit was vanwege de grootte van de wortelknolletjes niet mogelijk met de beschikbare apparatuur. Voor vervolgonderzoek wordt wel aangeraden om een volumebepaling uit te voeren, omdat het achterliggende doel was om de 'grootte' van de wortelknolletjes te bepalen. Een driedimensionale meting is daar een meer betrouwbare representatie van dan een tweedimensionale meting zoals in dit onderzoek is uitgevoerd. Bij dit laatste kunnen twee wortelknolletjes met hetzelfde volume een andere oppervlakte geven als gevolg van een ongelijke vorm.

Verder zat er aan sommige wortelknolletjes nog een stukje wortel, waardoor het onduidelijk was op de foto wat bij het wortelknolletje hoorde en wat niet. Daarnaast zat er op sommige wortelknolletjes viezigheid. Ook waren sommige foto's (voor een deel) onscherp of wazig, zie als voorbeeld figuur 6. Soms was er een belemmerde lichtreflectie in de glasplaat bij grote wortelknolletjes (zie figuur 7), of er was moeilijk onderscheid te zien tussen de kleur van het wortelknolletje en het schuim (zie figuur 8). Daarnaast kunnen er onnauwkeurigheden zijn bij het digitaal omlijnen van de wortelknolletjes, omdat dit handmatig gebeurde en dus een aantal pixels kan afwijken. De hiervoor genoemde problemen hinderden ook de kleurenanalyse. Daarnaast is het waarnemen van de kleuren subjectief gebeurd.

6.2.4 Eindconclusie over de validiteit

Het feit dat alle resultaten in elkaars foutmarge vielen en de validiteit door andere factoren ook beïnvloed werd, zorgt ervoor dat er geen valide conclusie getrokken kon worden.

7. Bijdrage en vervolgonderzoek

Door de beperkte omvang en validiteit van het onderzoek, zal de directe bijdrage van dit onderzoek aan de agrarische sector zeer gering zijn. Er is niet duidelijk geworden of het toevoegen van Co^{2+} aan de grond een positief effect heeft op de grootte van de wortelknolletjes. Het onderzoek zou echter wel kunnen bijdragen aan de wetenschappelijke wereld doordat het informatie verschaft over de kleuren van de wortelknolletjes onder invloed van Co^{2+} en over de sterke en zwakke punten van de gebruikte methode.

Ook biedt het de basis voor vervolgonderzoek. Ten eerste zou dit gedane onderzoek op grotere schaal uitgevoerd kunnen worden, rekening houdend met de hiervoor beschreven beperkingen van het onderzoek en deze verbeterend. Zo'n onderzoek verschaft dan het antwoord op de in deze paper onderzochte onderzoeksvraag. Deze informatie zou vervolgens een fundament zijn voor vervolgonderzoeken, bijvoorbeeld naar de relatie tussen de grootte van de stikstofbindende wortelknolletjes en andere factoren, zoals de grootte en opbrengst van de plant. Daarnaast zou er ook verder onderzoek gedaan kunnen worden naar de kleuren van de wortelknolletjes en het verband daarvan met de Co^{2+} -concentratie en met andere factoren zoals de grootte van de wortelknolletjes en groeifactoren van de plant. Uiteindelijk is de hoop dat met de resultaten uit deze vervolgonderzoeken het systeem van de symbiotische stikstoffixatie nog beter begrepen kan worden en de agrarische sector verbeterd kan worden door de kweek van vlinderbloemigen, zoals de peul, efficiënter en duurzamer te maken.

8. Bibliografie

Dahl, W. J., Foster, L.M., Tyler, R.T. (2012, augustus).

Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.)| British Journal of Nutrition. Cambridge Core. Geraadpleegd op 3 november 2022, van <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/review-of-the-health-benefits-of-peas-pisum-sativum/1C97E78717EF51A80A80D4E09A233AE8>

Schwember, A. R., Schulze, J., Pozo, A. del & Cabeza, R. A. (2019, augustus). Regulation of Symbiotic Nitrogen Fixation in Legume Root Nodules. MDPI. Geraadpleegd op 6 september 2022, van <https://www.mdpi.com/2223-7747/8/9/333/htm>

Jing, Y., He, Z., & Yang, X. (2007, 1 maart). Role of soil rhizobacteria in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. SpringerLink. Geraadpleegd op 2 februari 2023, van <https://link.springer.com/article/10.1631/jzus.2007.B0192>

Börger, B. (z.d.). Bacteriën, vrij levende stikstofbindende. <https://biologielessen.nl/index.php/b/976-bacterien-vrij-levende-stikstofbindende>

Dupont, L., Pierre, O., Alloing, G., Msehli, S. El, Hopkins, J., Hérouart, D. & Frendo, P. (2012, februari). The Legume Root Nodule: From Symbiotic Nitrogen Fixation to Senescence.

ResearchGate. Geraadpleegd op 9 september 2022, van https://www.researchgate.net/publication/221926268_The_Legume_Root_Nodule_From_Symbiotic_Nitrogen_Fixation_to_Senescence#pf3

Bacteriol, J., Cowles, J. R., Evans, H. J. & Russell, S. A. (1969, maart). B12 Coenzymedependent Ribonucleotide Reductase in Rhizobium Species and the Effects of Cobalt Deficiency on the Activity of the Enzyme. National Library of Medicine. Geraadpleegd op 21 september 2022, van <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC249869/>

Kandil, H., Farid, I. M. & El-Maghraby, A. (2013, januari). Effect of Cobalt Level and Nitrogen Source on Quantity and Quality of Soybean Plant. ResearchGate. Geraadpleegd op 2 oktober 2022, van https://www.researchgate.net/publication/283301669_Effect_of_Cobalt_Level_and_Nitrogen_Source_on_Quantity_and_Quality_of_Soybean_Plant

Gad, N. (2006). Increasing the Efficiency of Nitrogen Fertilization Through Cobalt Application to Pea Plant. aensiweb. Geraadpleegd op 26 september 2022, van <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/rjabs/rjabs/2006/433-442.pdf>

Mession, J.-L., Blanchard, C., Mint-Dah, F.-V., Lafarge, C., Assifaoui, A. & Saurel, R (2013, Juni). The effects of sodium alginate and calcium levels on pea proteins cold-set gelation. ScienceDirect. Geraadpleegd op 25 januari 2023, van <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X12002561>

Adamakis, I.-D. S., Eleftheriou, E. P., Rost, T. L (2007, 16 november) Effects of sodium tungstate on the ultrastructure and growth of pea (*Pisum sativum*) and cotton (*Gossypium hirsutum*) seedlings. ScienceDirect. Geraadpleegd op 25 januari 2023, van <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847207002547>

Khan, M. A. H., Mia, A. B., Quddus, A., Sarker, K. K., Rahman, M., Skalicky, M., Brestic, M., Gaber, A., Alsuhaibani, A. M., & Hossain, A. (2022). Salinity-Induced Physiological Changes in Pea (*Pisum sativum* L.): Germination Rate, Biomass Accumulation, Relative Water Content, Seedling

Vigor and Salt Tolerance Index. MDPI. Geraadpleegd op 16 januari 2023, van <https://www.mdpi.com/2223-747/11/24/3493>
Lindemann, W. C., & Glover, C. R. (2003). Nitrogen fixation by legumes.

Ott, T., Van Dongen, J. T., Günther, C., Krusell, L., Desbrosses, G., Vigeolas, H., Bock, V., Czechowski, T., Geigenberger, P. & Udvardi, M. K. (2005, 29 maart). Symbiotic leghemoglobins are crucial for nitrogen fixation in legume root nodules but not for general plant growth and development. PubMed. Geraadpleegd op 1 december 2022, van <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15797021/>

Navascués, J., Pérez-Rontomé, C., Gay, M., Marcos, M., Yang, F., Walker, F. A., Desbois, A., Abián, J. & Becana, M. (2012, 30 januari). Leghemoglobin green derivatives with nitrated hemes evidence production of highly reactive nitrogen species during aging of legume nodules. PNAS. Geraadpleegd op 1 december 2022, van <https://www.pnas.org/d oi/abs/10.1073/pnas.1116559109>

Tajima, R., Lee, O. N., Abe, J., Lux, A. & Morita, S. (2007) Nitrogen-Fixing Activity of Root Nodules in Relation to Their Size in Peanut (*Arachis hypogaea* L.), Plant Production Science, 10:4, 423-429, DOI: 10.1626/pps.10.423

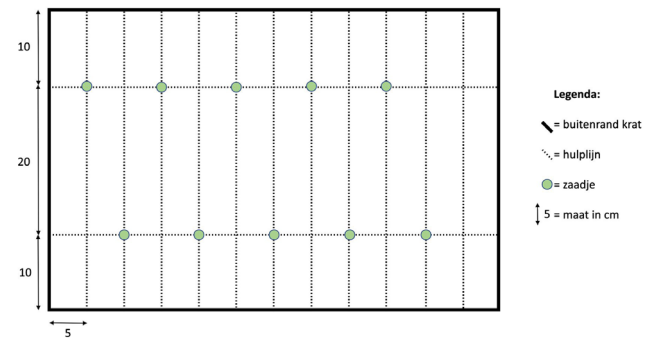
Vocanson, A., Jeuffory, M. & Roger-Estrade, J. (2006, mei). Effect of Sowing Date and Cultivar on Root System Development in Pea (*Pisum sativum* L.). SpringerLink. Geraadpleegd op 1 december 2022, van https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-006-0024-1?error=cookies_not_supported&code=e5a6392e-654c-4402-bae7-d08e262df8d1

Okçu, G., Kaya, M. D., & Atak, M. (2005, 1 januari). Effects of Salt and Drought Stresses on Germination and Seedling Growth of Pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry: Vol. 29: No. 4, Article 2. Geraadpleegd op 16 januari 2023, van <https://journals.tubitak.gov.tr/cgi/viewcontent.cgi?article=2107&context=agriculture>

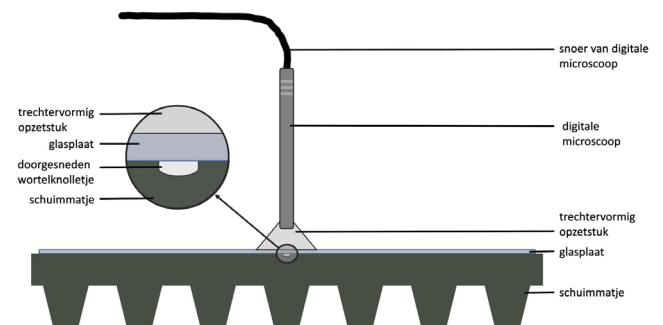
Tsegay, B. A., & Gebreslassie, B. (2014). The effect of salinity (NaCl) on germination and early seedling growth of *Lathyrus sativus* and *Pisum sativum* var. *abyssinicum*. African Journal of Plant Science, 8(5), 225–231.



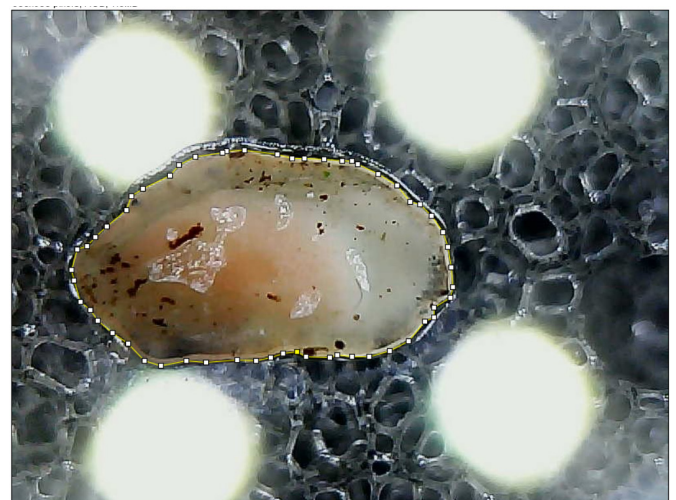
Figuur 1, wortelknolletjes aan de wortels van een vlinderbloemige plant (Börger, z.d.)



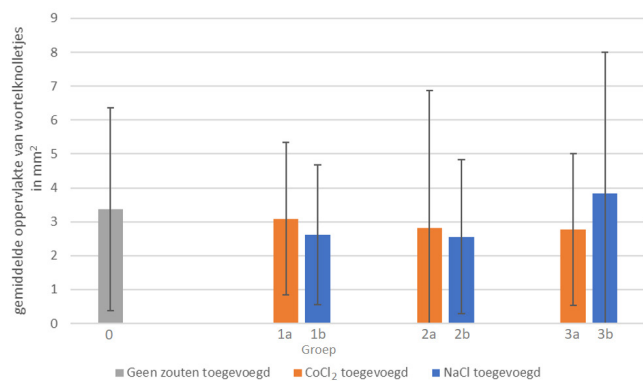
Figuur 2, overzicht van hoe de zaden in elk krat geplant zijn



Figuur 3, schematische tekening van proefopstelling voor het fotograferen van wortelknolletjes

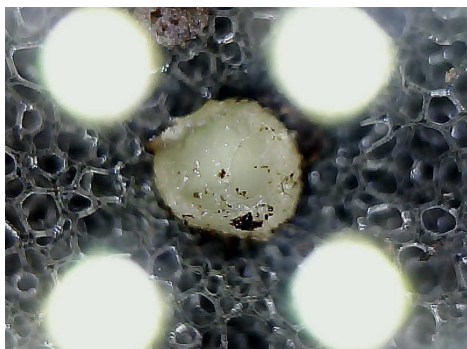


Figuur 4, het analyseren van een wortelknolletje in het programma ImageJ: centraal op de foto ligt het doorgesneden wortelknolletje met de gesneden kant zichtbaar onder de transparante glasplaat; de vier witte cirkels zijn reflecties van de lampjes van de microscoop in de glasplaat; de zwarte achtergrond met gaten is het schuimmatje waar het wortelknolletje in gedrukt is; om het wortelknolletjes heen is digitaal in ImageJ een lijn getrokken door punten te plaatsen die door het programma worden verbonden

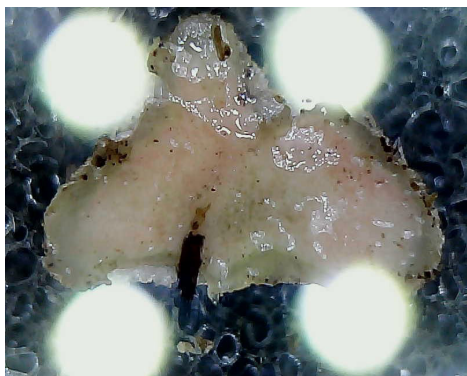


Figuur 5, de gemiddelde oppervlakte van de wortelknolletjes per groep, met een standaarddeviatie van 2σ

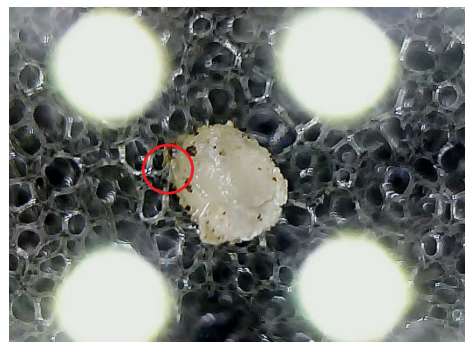
- groep 0 = geen toegevoegd CoCl₂ of NaCl
- groep 1a = 13,22 mg CoCl₂ per kg aarde
- groep 1b = 11,90 mg NaCl per kg aarde
- groep 2a = 26,44 mg CoCl₂ per kg aarde
- groep 2b = 23,80 mg NaCl per kg aarde
- groep 3a = 52,88 mg CoCl₂ per kg aarde
- groep 3b = 47,60 mg NaCl per kg aarde



Figuur 6, een wortelknolletje waarbij het meten in ImageJ belemmerd was doordat de foto deels wazig is



Figuur 7, een wortelknolletje waarbij het meten in ImageJ belemmerd was door de weerkaatsing van de lampen van de microscoop in de glasplaat



Figuur 8, een wortelknolletje waarbij het meten in ImageJ belemmerd was doordat het lastig te zien is wat bij het wortelknolletje hoort, door de reflectie van licht op het schuim; zie het gemarkeerde stuk

	concentratie zout (mg zout per kg aarde)	massa zout voor 9 kg aarde (mg)	massa zouthydraat voor 9 kg aarde (mg)
Groep 0	0	0	n.v.t.
Groep 1a	13,22 mg CoCl ₂	119,0 mg CoCl ₂	218,0 mg CoCl₂·6H₂O
Groep 1b	11,90 mg NaCl	107,1 mg NaCl	n.v.t.
Groep 2a	26,44 mg CoCl ₂	238,0 mg CoCl ₂	436,1 mg CoCl₂·6H₂O
Groep 2b	23,80 mg NaCl	214,2 mg NaCl	n.v.t.
Groep 3a	52,88 mg CoCl ₂	475,9 mg CoCl ₂	872,1 mg CoCl₂·6H₂O
Groep 3b	47,60 mg NaCl	428,4 mg NaCl	n.v.t.

Figuur 9, tabel 1: hoeveelheden toegevoegde zouten per groep, waarbij de dikgedrukte massa's de hoeveelheden zijn die aan de aarde zijn toegevoegd

	% rood	% groen	% rood en groen	% volledig wit
groep 0	42,86	19,05	9,52	28,57
groep 1a	61,9	14,29	0	23,81
groep 1b	23,81	9,52	0	66,67
groep 2a	48,15	3,7	0	48,15
groep 2b	18,52	3,7	0	77,78
groep 3a	44,44	16,67	16,67	22,22
groep 3b	28,57	33,33	9,52	28,58
Gemiddeld	37,82	13,46	4,49	44,23

Figuur 11, tabel 3: percentage van wortelknolletjes met een bepaalde kleur, per groep

- rood = wortelknolletje was (gedeeltelijk) rood (en gedeeltelijk wit en/of gelig). Wortelknolletjes die óók gedeeltelijk groen waren, zijn hier niet weergegeven, maar ingedeeld bij de groep rood/groen.
- groen = wortelknolletje was (gedeeltelijk) groen (en gedeeltelijk wit en/of gelig). Wortelknolletjes die óók gedeeltelijk rood waren, zijn hier niet weergegeven, maar ingedeeld bij de groep rood/groen.
- rood/groen = wortelknolletje was gedeeltelijk rood en gedeeltelijk groen (en gedeeltelijk wit en/of gelig)
- volledig wit = wortelknolletje was volledig wit en/of gelig
- groep 0 = geen toegevoegd CoCl₂ of NaCl
- groep 1a = 13,22 mg CoCl₂ per kg aarde
- groep 1b = 11,90 mg NaCl per kg aarde
- groep 2a = 26,44 mg CoCl₂ per kg aarde
- groep 2b = 23,80 mg NaCl per kg aarde
- groep 3a = 52,88 mg CoCl₂ per kg aarde
- groep 3b = 47,60 mg NaCl per kg aarde

Groep 0 (geen toegevoegde zouten)

	opp. knol 1	opp. knol 2	opp. knol 3	gemiddelde
Plant 1	6,37	1,31	1,71	3,13
Plant 2	2,28	3,69	2,42	2,8
Plant 3	x	x	x	
Plant 4	x	x	x	
Plant 5	x	x	x	
Plant 6	3,02	2,65	2,63	2,77
Plant 7	2,59	5,66	5,43	4,56
Plant 8	2,76	1,77	5,95	3,49
Plant 9	1,43	3,3	3,8	2,84
Plant 10	3,21	4,21	4,36	3,93
			totaal gem.	3,36

Groep 1a (13,22 mg CoCl₂ per kg aarde)

	opp. knol 1	opp. knol 2	opp. knol 3	gemiddelde
Plant 1	3,52	2,59	3,77	3,29
Plant 2	4,06	3,6	1,1	2,92
Plant 3	4,91	2,44	4,71	4,02
Plant 4	x	x	x	
Plant 5	x	x	x	
Plant 6	4,27	3,93	1,18	3,13
Plant 7	2,06	1,81	4,33	2,73
Plant 8	3,45	1,86	2,3	2,54
Plant 9	3,2	2,46	3,38	3,01
Plant 10	x	x	x	
			totaal gem.	3,09

Groep 1b (11,90 mg NaCl per kg aarde)

	opp. knol 1	opp. knol 2	opp. knol 3	gemiddelde
Plant 1	3,77	2,76	1,74	2,76
Plant 2	1,89	2,89	1,45	2,08
Plant 3	1,69	2,34	2,88	2,3
Plant 4	x	x	x	
Plant 5	x	x	x	
Plant 6	1,97	2,97	5,04	3,33
Plant 7	2,22	2,41	1,6	2,08
Plant 8	x	x	x	
Plant 9	2,87	1,95	1,19	2
Plant 10	3,94	4,68	2,58	3,73
			totaal gem.	2,61

Groep 2a (26,44 mg CoCl₂ per kg aarde)

	opp. knol 1	opp. knol 2	opp. knol 3	gemiddelde
Plant 1	2,56	4,23	2,37	3,05
Plant 2	2,89	1,93	1,48	2,1
Plant 3	1,67	2,01	2,15	1,94
Plant 4	2,29	1,77	2,46	2,17
Plant 5	2,45	11,97	2,89	5,77
Plant 6	2,91	4,13	3,16	3,4
Plant 7	2,9	2,47	1,52	2,3
Plant 8	x	x	x	
Plant 9	4,76	1,64	2,91	3,1
Plant 10	1,29	1,11	2,38	1,59
			totaal gem.	2,82

Groep 2b (23,80 mg NaCl per kg aarde)

	opp. knol 1	opp. knol 2	opp. knol 3	gemiddelde
Plant 1	2,42	2,4	1,21	2,01
Plant 2	2,02	2,09	1,49	1,87
Plant 3	1,87	2,22	2,26	2,12
Plant 4	1,88	x	x	1,88
Plant 5	1,88	3,23	2,57	2,56
Plant 6	4,27	2,51	2,4	3,06
Plant 7	2,35	1,79	2,42	2,19
Plant 8	1,35	2,81	x	2,08
Plant 9	2	2,71	3,51	2,74
Plant 10	6,47	4,31	4,38	5,05
			totaal gem.	2,56

Groep 3a (52,88 mg CoCl₂ per kg aarde)

	opp. knol 1	opp. knol 2	opp. knol 3	gemiddelde
Plant 1	4,31	3,46	1,56	3,11
Plant 2	3,49	2,96	1,85	2,77
Plant 3	5,38	3,09	3,33	3,93
Plant 4	2,57	2,22	1,58	2,12
Plant 5	3,64	3,58	1,67	2,96
Plant 6	x	x	x	
Plant 7	1,25	1,53	2,3	1,69
Plant 8	x	x	x	
Plant 9	x	x	x	
Plant 10	x	x	x	
			totaal gem.	2,76

Groep 3b (47,60 mg NaCl per kg aarde)

	opp. knol 1	opp. knol 2	opp. knol 3	gemiddelde
Plant 1	5,19	3,35	3,02	3,85
Plant 2	5,5	4,09	5,6	5,06
Plant 3	x	x	x	
Plant 4	x	x	x	
Plant 5	1,52	7,46	8,6	5,86
Plant 6	3,26	1	1,17	1,81
Plant 7	3,62	2,32	2,15	2,7
Plant 8	4,57	2,68	2,85	3,37
Plant 9	2,67	2,86	7,19	4,24
Plant 10	x	x	x	
			totaal gem.	3,84

Figuur 10, tabel 2: resultaten van de oppervlakte van de doorsnede van stikstofbindende wortelknolletjes in mm²; planten zijn genummerd aan de hand van positie in de kratten; knolletjes zijn genummerd van boven naar beneden; x = plant is niet ontkiemd of wortelknolletje was niet aanwezig; opp. = oppervlakte in mm²; gem. = gemiddelde

Het effect van het elimineren van malaria op de bevolkingsgroei in Tanzania

F.E. Westerlaken¹, V.O.C Leppink², V. Glas³, A. Ten Cate³, K. Krabbe¹, P. Borggreve², L. Holsbeeke³

¹Bonhoeffer, College van der Waalslaan, Enschede

²Het Stedelijk Lyceum, Kottenpark, Enschede

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - In this paper is examined what the effect of the elimination of malaria will be on the population growth in Tanzania.

Malaria has been a problem for millennia all around the world. Every year, large amounts of money go to help fight this horrible disease that rages in many countries. What is the impact of curing such a killer in a country on the population?

During our research into this topic, it was discovered that there is no prediction of what will happen when malaria is cured and thus it was chosen as the subject of this paper.

In the researched scenario malaria will disappear instantly and it will look at what will happen to the population growth of Tanzania in that scenario. To discover this, two methods were used: A literary analyses of cause and effect and a mathematical formula. This mathematical formula uses data such as population, death rates, birth rates, and migration numbers to predict what will happen when malaria is eliminated. The malaria deaths were removed from the death rates to predict the change without malaria.

From the results one can conclude that there is a population growth when malaria is cured in the chosen 10 years from the moment of elimination. Although, because of many inconsistencies in sources and unpredictable factors it is unclear if in a non-theoretical environment, the same would happen as has been predicted.

1. Inleiding

Een van de grootste doodsoorzaken ter wereld is malaria. Malaria veroorzaakt het sterven van duizenden mensen per jaar. (Redactie archief, 2006)

Malaria beheerst al meer dan honderd jaar de levens van de mensen in de Afrikaanse sub-Sahara. De strijd tegen malaria is dan ook al net zo lang bezig en legt grote economische last op de landen die hier mee te maken hebben (McCarthy et al., 2000)

Malaria heeft een enorm effect op de levens van mensen in landen die er mee te maken krijgen. Zo loopt in Tanzania ongeveer 93% van de bevolking risico op het krijgen van malaria. (Tanzania, z.d.)

Grote organisaties als de WHO spreken over het belang voor de wereld om malaria te elimineren en streven ervoor dat in 2030 er een 90% daling is in de malariabesmettingen vergeleken met de hoeveelheid besmettingen in 2022. (Fact sheet about malaria, 2022)

Omdat malaria al lang een probleem is voor landen in de sub-Sahara, hebben verschillende overheden en particulieren onderzoek gedaan om malaria beter te begrijpen en zo ook te kunnen bestrijden.

Een van de organisaties die data verzamelt en onderzoek doet naar malaria is de WHO. De WHO publiceert jaarlijks een rapport waarin alle informatie over malaria staat die ze hebben gevonden. In dit rapport staat ook een jaarlijks plan beschreven voor het bestrijden van malaria in de toekomst.

Deze documenten bevatten ten minste de volgende informatie over malaria:

1. De besmetting cijfers van malaria, zo waren er 241 miljoen besmettingen in 2020.
2. Dodenaantallen (aantal doden door) van malaria per land (geschat en bewezen). In 2020 waren er volgens de WHO 627 duizend sterfgevallen.
3. De hoeveelheid geld uitgegeven aan de bestrijding van malaria en daar samenvattingen van voor elke regio en land.

Daarnaast staat er in het rapport ook de hoeveelheid anti-malaria

medicatie in een land en hoe het gebruikt wordt. Zo schrijven zij ook over waar malaria op de wereld veel voorkomt. De plekken waar malaria het meest voorkomt is: Afrika, zuid- en zuidoost Azië, en Zuid-Amerika. (World malaria report 2021, 2021)

Naast onderzoek over bestrijding van malaria zijn er ook onderzoeken naar andere effecten van malaria, waaronder onderzoeken over de economische schade die malaria met zich meebrengt en zijn invloed op de demografie.

Zo zorgt malaria voor een stijging van de vruchtbaarheid op papier, omdat de kindersterfte door malaria groter is en mensen daardoor meer kinderen nemen. Met het idee dat er dan meer kinderen overblijven om later voor de ouders te zorgen. ('child-survival hypothesis') (McCarthy et al., 2000) (McCord et al., 2017)

Daarnaast zorgt malaria voor een vermindering van de groei van het BBP (Bruto Binnenlands Product) per inwoner in de landen waar malaria aanwezig is. Deze vermindering van het BBP is gemiddeld genomen 0,55% punt per jaar.

Dit betekent dat als er geen malaria is in een land de economie zou groeien met 2%. Door de negatieve effecten van malaria op de economie groeit het BBP gemiddeld maar 1,45% per jaar. (McCarthy et al., 2000)

Het BBP per inwoner is het gemiddelde inkomen van de bevolking.

Een andere manier waarop malaria economische schade oplevert is doordat de kosten van de malaria medicatie ervoor zorgen dat mensen minder geld hebben om uit te geven aan goederen en diensten. Ook het zelf ziek zijn en de zorg voor familie die malaria heeft veroorzaakt economische schade omdat er op dat moment niet gewerkt kan worden. (McCarthy et al., 2000)

Daartegenover wordt gezegd dat malaria weinig of geen economische schade veroorzaakt omdat het tegenwoordig weinig slachtoffers maakt en de landen waar het is, weinig overlast veroorzaakt. Ook mist er nodige data om de indirecte kosten te berekenen. (Chima et al., 2003)

Het verschil tussen het onderzoek van Leighton en Ikechukwu

is vooral gebaseerd op dat Ikechukwu beweerd dat er te weinig data bekend is om conclusies te trekken. Echter is er in de jaren sinds dit onderzoek meer data beschikbaar geworden.

Omdat malaria nog steeds bestaat en bestreden wordt, zijn de meeste onderzoeken gedaan in hoe je het kunt bestrijden of verhelpen. Tussen al deze onderzoeken is echter een gat in de kennis omdat niemand heeft onderzocht wat er zal gebeuren met de populatie als malaria ook daadwerkelijk verdwijnt.

Over dit gat in de kennis gaat dit onderzoek.

In dit onderzoek is gekozen om te kijken naar de gegevens die bekend zijn over Tanzania. Tanzania is gekozen omdat dit land hard wordt getroffen door malaria. (Fact sheet about malaria, 2022) Ook loopt een heel groot deel van de bevolking risico op malaria. Er is gekozen voor onderzoek op nationale schaal omdat regionale data maar beperkt beschikbaar is.

Tanzania is een land in Oost-Afrika met in 2021 61,5 miljoen inwoners (Population, total - Tanzania | Data, z.d.)

In Tanzania stierven er in 2020 381 duizend mensen (United Nations Population Division, z.d.). Van de sterfgevallen zijn over een periode van 10 jaar (2006-2015) vastgesteld wat de meest voorkomende doodsoorzaken waren. De meest voorkomende doodsoorzaken waren HIV, malaria, longziekten en bloedarmoede. In de periode van 2006-2015 heeft er een sterke daling plaatsgevonden in de hoeveelheid sterftes door malaria en HIV/AIDS. De afname in sterfte door malaria viel voor een groot deel te verklaren doordat de hoeveelheid stilstaand water is verminderd. Verder werd er veel insecticiden toegevoegd aan overgebleven wateren. Door deze twee maatregelen kreeg je een afname in broedplaatsen voor muggen. (CDC - Malaria - About Malaria - History, z.d.-b). Ook was de daling in sterftes door malaria te verklaren door de toename van antimalaria medicatie en muggen preventiemethodes onder de bevolking.

Daarnaast was er een verklaring van de afname in het aantal malaria-doden door een sterke stijging in sterftes door neonatale aandoeningen (Mboera et al., 2018)

Deze stijging in neonatale aandoeningen komt voor een groot deel door ondervoeding, wat in Tanzania heerst. In bepaalde regio's zijn bijna de helft van de kinderen onder 5 te kort voor hun leeftijd en hebben tot wel meer dan 20% van de kinderen tot 5 jaar ondergewicht (cijfers van 2016)

Met het eerdergenoemde gat in de kennis over wat het verdwijnen van malaria zou doen voor een land, kwamen wij op de onderzoeksvraag: Wat zal het effect zijn van het elimineren van malaria op de bevolkingsgroei in Tanzania?

De hypothese bij dit onderzoek is dat het plots elimineren van malaria een groot stijgend effect heeft op de populatiegroei in de eerste paar jaren, maar dat de populatie over de lange termijn niet veel groeit. Mensen zouden niet meer aan malaria overlijden, wat in het begin een bevolkingsgroei gaat veroorzaken. Na een bepaalde tijd wordt verwacht dat de bevolkingsgroei weer terug naar zijn originele niveau trekt mede weer door de 'child-survival hypotheses' (McCarthy et al., 2000)

Mensen die door het verdwijnen van malaria niet meer doodgaan, kunnen in dit scenario zonder malaria sterven aan andere ziektes of door een andere reden. Er is onder andere al een voedseltekort in bepaalde regio's van Tanzania en de toegenomen populatie zal de toegankelijkheid van het eten verminderen. Verder zijn er ook nog andere ziektes die dezelfde populatie raken.

Op basis van deze verwachte ontwikkelingen is de hypothese

dat de originele groei in populatie zal afzakken na een aantal jaar, mits de overige omstandigheden meegroeien met de bevolking, denk aan voedsel en waterzekerheid. En is de uiteindelijke populatie toename minimaal.

2. Materiaal en methode

Verschillende methodologieën zijn toegepast om ons onderzoek te volbrengen. Voor het eerste gedeelte is er een literatuuronderzoek uitgevoerd om de effecten van malaria op populatiegroei te onderzoeken. Vervolgens wordt het onderzoek aangevuld met data-analyse met het creëren van een formule.

De informatie die was gebruikt voor het gehele onderzoek was vooral gevonden via Google Scholar of andere websites die wetenschappelijke papers uitgeven of weergeven. Voorbeelden van de zoektermen die gebruikt waren op deze sites zijn; malaria, malaria death rate, economic burden malaria Tanzania, population growth Tanzania en malaria in Africa.

De bronnen werden gezocht in het Engels, dit zorgde voor meer resultaten.

Deze bronnen hadden de betrouwbaarste informatie omdat de bronnen op Google Scholar een grotere mate van controle hadden over de inhoud dan andere sites waar dat niet het geval is. Papers worden immers door andere wetenschappers gecontroleerd.

Daarnaast werden ook de WHO, World bank en de Verenigde naties geraadpleegd, omdat zij veel statistiek over malaria en verschillende landen tot hun beschikking hebben.

De WHO, World bank en de VN zijn internationaal, groot en erg betrouwbaar omdat deze non-profit zijn en niet bestuurd door één land maar door veel verschillende landen, hun hoofddoel is informatie verzamelen en informeren. Zij zijn echter ook een van de weinige organisaties die data verzamelen die in dit onderzoek gebruikt konden worden. Deze organisaties verzamelen informatie over bijvoorbeeld het dodental van malaria per land, dit maakte de sites van bovengenoemde organisaties, onmisbaar voor ons onderzoek.

Relevante informatie voor ons onderzoek was:

1. Het sterftecijfer, zowel absoluut als per 1000 malaria besmettingen
2. De hoeveelheid doden zowel geschat als bevestigd door malaria
3. De populatie van Tanzania en haar populatiegroei
4. Sterftecijfer van heel Tanzania
5. Andere zaken zoals: economische groei, medisch budget, gezondheid van haar mensen, zowel mentaal als fysiek, vruchtbaarheid, bevolkingsdichtheid, hoeveelheid voedsel in Tanzania per persoon, (im)migratie getal onder de bevolking en de hoeveelheid ondervoeding onder de bevolking.

Al deze informatie kon worden gevonden via Google Scholar en de WHO, World bank en Verenigde Naties. Alle hierboven genoemde onderzochte factoren hebben direct of indirect invloed op de populatiegroei. (Wormald, 2015b)

De in Wormald's paper genoemde factoren, samen met gegevens gehaald vanuit de WHO, World bank en VN, werden naast elkaar gelegd. Er werd bekeken waarop zij effecten hadden en ook of zij op elkaar effecten hadden.

Hierna werd nagegaan of de verdwijning van malaria verandering zou veroorzaken op deze factoren.

Factoren waar dit niet het geval was werden dan niet verder gebruikt. Dit is omdat zij hetzelfde zouden blijven in het

gecreëerde scenario.

Als later bleek dat de veranderingen bij de factoren waar malaria wel invloed had een verandering zou veroorzaken op een factor waar malaria geen invloed op had, dan werd deze wel meegenomen.

Bij de factoren waar dit wel het geval was werd daarna bekeken of door de eliminatie van malaria veroorzaakte verandering een daling of stijging in de bevolkingsgroei zou veroorzaken.

Deze stijgingen en dalingen werden daarna nog naast elkaar gelegd en bepaald of zij op elkaar nog een effect hadden wat invloed zou hebben op de populatie groei. Hiervan is als visualisatie een flowchart gemaakt.

De onderlinge effecten, samen met het effect van de eliminatie van malaria, op de gegevens concluderen een stijging of daling in de totale bevolkingsgroei per jaar, vergeleken met de huidige situatie waar malaria nog steeds door het land woedt.

3. Formule

Daarnaast werd er een formule opgesteld en ingevoerd in Excel om te voorspellen wat er met de populatie zou gebeuren. De gegevens die gebruikt werden voor dit onderzoek waren; de populatie, sterftcijfers, geboortecijfers en migratie van 2010 tot 2020. Vanaf 2020 werd doorgerekend via de formules die zijn opgesteld. Er is een termijn gekozen tot 2030 en vanaf 2020.

De formule voor de voorspelling van de bevolkingsgroei luidt: $P(n) = P(n-1) + Gcv * P(n-1) - Scv * P(n-1) + M$

De formule voor de voorspelde geboortecijfers:

$$Gcv = gc * \Delta Gc^n$$

De formule voor de voorspelde sterftcijfers:

$$Scv = Sc * \Delta Scv^n$$

Gc = totale geboortes/populatie per jaar

$$\Delta Gc = (\text{geboortecijfer 2010/geboortecijfer 2019})^{1/9}$$

Sc = totale sterftes-malaria/sterfte/populatie van desbetreffende jaar

$$\Delta Scv = (\text{sterftcijfer 2010 zonder malaria/sterftcijfer 2019 zonder malaria})^{1/9}$$

P = Populatie beginnend vanaf 2020

n = aantal jaar vanaf het start jaar (in dit onderzoek vanaf 2010)

M = -15800

M = migratiesaldo

P = populatie

Gc = Geboortecijfer

ΔGc = Gemiddelde verandering per jaar van het geboortecijfer

Gcv = Geboortecijfer voorspeld

Scv = Sterftcijfer voorspeld

ΔScv = Gemiddelde verandering per jaar sterftcijfer

Sc = Sterftcijfer

Er is gekozen voor een exponentiële formule omdat exponentiële groei wordt gebruikt bij populaties of hoeveelheden waarbij de groei afhankelijk is van de hoeveelheid die al aanwezig is. Voor populatiegroei wordt er gebruik gemaakt van exponentiële groei omdat de hoeveelheid geboortes afhankelijk is van de populatie die al aanwezig is. (Bevolkingsgroei, z.d.-b). Daarnaast is er de verwachting dat tot in de voorzienbare toekomst er een positief geboortesaldo zal zijn in Tanzania, wat betekent dat er meer mensen geboren worden dan er sterven.

De andere optie was lineaire groei, elk jaar komt precies evenveel erbij. Een formule op basis van lineaire groei kon

niet gebruikt worden omdat de toename van de populatie afhankelijk is van de populatie die er al is en dat niet kan worden weergegeven in een formule met lineaire groei.

De gegevens zijn berekend met getallen vanaf 2010 en komen van de VN-populatie divisie (United Nations Population Division, z.d.) en het WHO malaria-report van 2021 (World malaria report 2021, 2021)

Met de gegeven populatie van 2010 tot 2020 vanuit de VN en de geboorteaantallen is het geboortecijfer uitgerekend, het geboorteaantal/totale populatie is het geboortecijfer, een getal van ongeveer 0,04. Als je de populatie weet en het geboortecijfer hebt kun je het aantal geboortes berekenen.

In dit onderzoek is er gekozen om een gemiddelde verandering per jaar van het geboortecijfer te berekenen. Dit is gedaan door de geboortecijfers van 2010/ 2019 en die $^{1/9}$ te doen. Dit vormt de ΔGc . Zie dit als de trend van het geboortecijfer. Hierdoor is het geboortecijfer flexibel en veranderd het ieder jaar.

Als je dit getal * geboortecijfer van het jaar erna doet krijg je het nieuwe geboortecijfer, hier werd die de Gcv genoemd. Door een veranderende n en de verandering in het geboortecijfer verandert elk jaar de hoeveelheid geboortes.

Het sterftcijfer is op een soortgelijke manier berekend. Het sterftcijfer waarmee gerekend is, is berekend door de sterfte te delen door de populatie. Hierdoor krijg je een getal wat als je het keer de totale populatie doet, je de totale sterfte in dat jaar krijgt. Van de sterftcijfers van 2010-2019 zijn de hoeveelheid doden van malaria er af gehaald. Zo is later in grafieken te zien wat het verschil is tussen de bevolkingsgroei met malaria en zonder. Bij de sterftcijfers zonder malariadoden werd dan net zoals bij de geboortecijfers de trend berekend van het sterftcijfer tussen 2010-2019 door: (de sterfte(-malariadoden) 2010 gedeeld door sterfte(-malariadoden) 2019) $^{1/9}$. Hieruit kwam dan de gemiddelde daling van het sterftcijfer zonder malaria in de genoemde periode. Dit cijfer kon dan worden toegepast op de daarna volgende sterftcijfers om een daling van het sterftcijfer over tijd te krijgen.

Met het voorspelde sterftcijfer en geboortecijfer wordt dan bijvoorbeeld voor het jaar 2025 berekend door het sterftcijfer of geboortecijfer van 2010 keer de berekende jaarlijkse daling tot de macht 15 te doen. Er is dan immers 15 jaar sinds 2010 verstreken. Hierdoor krijg je het sterfte- of geboortecijfer van 2025

Ieder jaar emigreert een groep mensen uit Tanzania of immigreren er mensen naar Tanzania, in de scope van deze studie zijn hiervoor geen voorspellingen beschikbaar. Om dit op te lossen is er gekozen voor een gemiddeld migratie getal, genomen van de afgelopen 20 jaar bij elkaar op te tellen en te delen door 20. Dit getal (-15803) wordt ieder jaar van de voorspelde populatie afgehaald.

De hierboven gemaakte formule werd dan ingevoerd in Excel, samen met alle formules van de sterftcijfers en geboortecijfers en migratie. Ook werd alle verzamelde data in kolommen in Excel gezet. Met Excel kon de formule het makkelijkst per jaar uitgerekend worden. Ter visualisatie van de data werd een grafiek gemaakt.

4. Resultaten

De factoren die relevant bleken door de in de methode vastgelegde criteria waren (Wormald, 2015b):

1. De totale sterfte in Tanzania wat vervolgens simpelweg sterfte wordt genoemd

2. Het geboortecijfer/vruchtbaarheidscijfer
3. De voedselbeschikbaarheid
4. De beschikbaarheid van medicatie
5. Emigratie
6. Arbeidsproductiviteit en gemiddelde totale gewerkte uren
7. BBP
8. De gemiddelde tijd dat iemand ziek is of in het ziekenhuis licht

Hieronder wordt toegelicht wat het verdwijnen van malaria voor effect zou hebben voor deze factoren.

Het verdwijnen van malaria zorgt als eerst voor een daling in de sterfte omdat mensen niet meer aan malaria doodgaan. Een schatting van de WHO zegt dat in 2020 25920 mensen stierven aan malaria (World malaria report 2021, 2021)

en als malaria er niet was geweest hadden deze mensen het overleefd, als zij niet gestorven zouden zijn aan een andere ziekte. Hierdoor is er dus een daling in de sterfte.

Het verdwijnen van malaria zal een daling veroorzaken in het geboortecijfer omdat een ho-gere kindersterfte ervoor zorgt dat mensen meer kinderen krijgen. (McCarthy et al., 2000) (McCord et al., 2017) Omdat de kinderen door het verdwijnen van malaria een grotere over-levingskans hebben, zullen mensen minder kinderen krijgen. Dit zou dan uiteindelijk voor een daling in de populatiegroei veroorzaken echter is het onduidelijk wanneer dit effect zou hebben.

De verdwijning van malaria zorgt er ook voor dat de hoeveelheid voedsel per persoon omlaaggaat omdat de mensen die sterven aan malaria het overleven waardoor er meer mensen eten moeten krijgen dan in het geval zij het niet overleefd hadden. Een daling in de hoeveelheid voedsel per persoon zal voor meer ondervoeding zorgen en zullen meer mensen sterven aan ondervoeding.

Echter zal door het verdwijnen van malaria ook de hoeveelheid gewerkte uren toenemen en de arbeidsproductiviteit. Arbeidsproductiviteit is de waarde van wateen arbeid gemiddeld toevoegt in een uur werk (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022b). Deze neemt toe omdat mensen minder vaak ziek zijn en dus beter kunnen werken omdat mensen die werken en ziek zijn gemiddeld minder produceren. Ook zullen mensen meer uren wer-ken, omdat ze minder ziek zijn dan daarvoor en ook niet weg moeten blijven van werk om te zorgen voor hun zieke familieleden, en meer gewerkte uren zorgt voor een grotere productie. (C & R, 1993)

. Ook de agrarische sector, de landbouw, heeft profijt van deze stijging waardoor dus de productie van voedsel omhooggaat. Door zowel een toename als een afname van de beschikbare hoeveelheid voedsel is het onduidelijk of dit een daling of stijging in de populatie groei zal veroorzaken.

Deze extra arbeid zal ook het bbp doen stijgen omdat er meer geproduceerd wordt, waardoor de economie van Tanzania verbetert en de impuls om te verhuizen naar landen waar het eco-nomisch beter is zal dalen. (Parkins, 2010b). Hierdoor zal dus de emigratie, het vertrek van mensen uit een land, afnemen en dat zal de populatiegroei doen stijgen.

Door de verdwijning van malaria zal er ook minder medicatie nodig zijn om mensen te be-handelen omdat er minder mensen in totaal ziek zijn. Daarbij stijgt de hoeveelheid geld die mensen ter beschikking hebben door het extra werk wat gedaan wordt en dat ze geen geld aan malaria medicatie hoeven uit te geven. (C & R, 1993)

Daarnaast verbetert de algemene fysieke gezondheid ook beter wat zorgt voor minder beno-digde medicatie. Dit is

omdat mensen en vooral jonge kinderen door malaria infectie later in hun leven een hogere kans hebben op veel soorten ziektes zoals hart- en vaatziekten (Wales et al., 2014). Door de vermindering in benodigde medicatie kunnen tekorten van medicatie worden verminderd door het budget wat door de verandering beschikbaar is en zullen minder vaak mensen doodgaan doordat er niet genoeg van een soort medicatie is of het te duur is. Deze tekorten komen voor in Tanzania (Postema, 2021b) en kunnen hierdoor gedeeltelijk worden opgelost.

Op basis van de literaire studies als beschreven in de vorige paragrafen zullen de volgende dingen gebeuren: Er zal een daling in de sterfte door het verdwijnen van malaria en de toename in de beschikbare medicatie ervoor zorgen dat de sterfte daalt. Dit zorgt dan weer voor een stijging in de populatiegroei. De populatie groei stijgt door een daling in de sterfte en een daling in migratie, maar daalt weer door een afname in het geboortecijfer. Hieruit is te concluderen dat het waarschijnlijk is dat als malaria verdwijnt, de populatie zal toenemen. Over de hoeveelheid toename kan echter nog niet gesproken worden vanuit dit diagram omdat de impact op het geboortecijfer en de immigratie niet bekend zijn en hier geen concrete onderzochte cijfers van bestaan. Van deze resultaten is een flowchart gemaakt als visualisatie (fig. 2).

4. Uit de formule

In het Excel bestand staan zoals eerder genoemd de geboortecijfers en sterftcijfers (zowel gegeven als berekend), de populatie, de migratie en de geboortes en sterftes. De VN heeft een toekomstvoorspelling gemaakt voor de demografie van Tanzania. In de voorspelling van de VN heerst er nog steeds malaria.

In de berekeningen van dit onderzoek zijn alle doden van malaria eraf gehaald en is met die populatie doorgerekend. Nadat de gegevens en de formule waren ingevoerd in Excel werd een grafiek gemaakt (fig. 4). De voorspelde geboortecijfers en sterftcijfers nemen per jaar af, dit komt omdat er een gemiddelde groei tussen de geboortecijfers van 2010-2019 afnam met ongeveer 0,8 %. De delta geboortecijfer is namelijk 0,992.... Met dit getal (tot de macht het aantal jaar sinds het start jaar) wordt het oude geboortecijfer vermenigvuldigd. In het geval van het sterftcijfer: deze daalde gemiddeld elk jaar met ongeveer 4,5% en de factor waarmee het elk jaar vermenigvuldigd werd was 0,956.... Hiermee zijn de sterfte en geboortecijfers berekend voor de jaren in de voorspelling. Bij de gegeven sterftes waren de malariadoden er al afgehaald. Van deze voorspellingen in de toekomst werd een grafiek gemaakt ter visualisatie. De populaties van 2020 tot 2030 werden berekend door de formule toe te passen op de populatie van het jaar daarvoor. De gegeven voorspelling van de VN en de voorspelling van dit onderzoek zijn een aantal verschillen, te zien in de tabel hieronder (fig 6). Ten eerste is de populatie hoger bij de voorspelling van dit onderzoek, daarnaast neemt het verschil tussen de twee voorspellingen steeds meer toe. In het eerste jaar na 'de eliminatie van malaria' is er een populatieverschil van 43.219 en in het laatste jaar (2030) is 1.824.719. Hier zit een exponentieel stijgend verschil tussen. In de bijlage staat een groter overzicht van de gebruikte getallen en uitkomsten (fig3).

5. Discussie

Het elimineren van malaria zorgt dus voor een kleine stijging in de populatiegroei. Wel zijn deze gegevens gepaard gekomen

met meerdere onzekerheden.

Data van bronnen zoals de VN en de WHO bevatten cijfers die afweken van elkaar, de afwijkingen van de data in de cijfers zoals; besmetting cijfers, sterftcijfers van malaria in Tanzania etc. Deze afwijkingen varieerden van tientallen tot meerdere duizendtallen. Deze cijfers waren allemaal schattingen omdat het in Tanzania zelf niet goed bijgehouden werd wie nou aan malaria overleed en wie niet.

Dit verschil kwam omdat elke organisatie hun eigen schattingen hadden gemaakt en dus afwijkend getal van elkaar hadden die niet goed te combineren waren. De verschillen konden oplopen tot meerdere 10.000 mensen die wel of niet overleden zijn. Deze cijfers konden we niet zelf creëren en omdat de schattingen per site erg uiteenliepen werd er voor dit onderzoek gekozen om de data van de World Health Organisation te gebruiken en die van de Verenigde Naties. Mede omdat ze voor dit onderzoek het accuraatst werden geacht als ze werden vergeleken met andere sites en, waar kon, werden uitgerekend. Voor zover kon is er in dit onderzoeksgegevens gecontroleerd door ze zelf na te rekenen, denk aan geboorte en sterftcijfer die ook hier in dit verslag te zien is. Daarnaast hadden deze organisaties de meeste hoeveelheid data die in dit onderzoek nodig was.

Voor toekomstig onderzoek zou het beste zijn, om de zo accuraat mogelijke getallen te kunnen gebruiken de cijfers van de Tanzaniaanse overheid vragen. Wegens privacy redenen zouden de WHO misschien geen toegang kunnen hebben naar gegevens zoals sterfte-oorzaken en economische, politieke en medische impacts van malaria. Ook zouden ziekenhuizen doden kunnen opschrijven als iets anders, denk bijvoorbeeld aan een patiënt van 2 jaar oud die is overleden aan malaria maar dit niet ontdekt wordt en er wordt genoteerd dat het overleed aan ondervoeding of andere ziekte en andersom.

Ook is Tanzania een onderontwikkeld land met een minder goede bureaucratie, daardoor worden gegevens minder precies genoteerd en bijgehouden. Het gevolg hiervan is dat de data kan afwijken van de realiteit zonder dat iemand dat weet en hier ongeldige conclusies uit worden getrokken.

Naast de afwezigheid van concrete getallen was er ook een afwezigheid van recente getallen van alle variabelen die belangrijk waren. De recentste getallen die voor dit onderzoek beschikbaar konden worden kwamen van 2020. Dit kan mede door Covid komen. Aan een kant is het voor dit onderzoek fijner geweest dat er vanaf 2020 werd gerekend. Zo hoefde er geen rekening worden gehouden met de overlijdenscijfers van Covid in Tanzania, die verward konden worden met de sterftcijfers van malaria door ziekenhuizen zelf. In de toekomst zou recentere data gebruikt kunnen worden.

Er is gekozen om de onderzoeksvraag te beantwoorden door zowel via eerder geschreven literatuur oorzaak gevolg te achterhalen, als door een formule te creëren waarmee de veranderingen in getallen uitgedrukt konden worden. Bij beide methoden zaten bepaalde nadelen die de validiteit en betrouwbaarheid van de conclusie benadelen. Dit is veroorzaakt door de enorme hoeveelheid factoren die veranderen bij zo een grote verandering zoals de uitroeiing van malaria. Hierbij hebben wij gekozen om de factoren te kiezen die de grootste verandering te weeg zouden brengen. Het probleem hiermee is dat er dus factoren weg worden gelaten die een kleine of nog niet onderzocht of bekende verandering veroorzaken. Dit was echter noodzakelijk omdat de complexiteit van deze factoren en de grote afhankelijkheid van elkaar ervoor zorgde

dat er niet mee gewerkt kon worden in de tijdspanne en scope van dit onderzoek. Dit heeft de validiteit van het onderzoek verminderd.

Daarnaast bestaat ook het probleem dat er in het literatuur deel niet met precisie gezegd kon worden hoe groot de veranderingen zouden zijn. Dit is gedeeltelijk door een tekort aan beschikbare data, maar ook door de complexiteit van de gebruikte factoren. Zo kunnen wij aan de hand van de gebruikte bronnen wel vaststellen dat er bij de verdwijning van malaria een daling zal komen van het geboortecijfer, maar omdat er geen manier van het bepalen van de precieze hoeveelheid daling bestaat kunnen wij niet vaststellen hoe groot deze daling zou zijn. Zelfs met de daling in de sterfte, waarvan wel cijfers bestaan, kon niet met zekerheid berekend worden omdat het onbekend is hoe veel van deze mensen zouden sterven aan andere ziektes of aandoeningen. Hiervoor is gewoon het sterftcijfer gebruikt dat opnieuw is uitgerekend nadat de malaria doden van de totale doden waren afgehaald. Hierdoor was niet met behulp van de literatuur concreet vast te stellen hoe groot de verandering nou daadwerkelijk zou zijn, wat de precisie van het antwoord verlaagt.

In dit onderzoek is gekozen om gebruik te maken van een formule om in getallen uit te drukken hoe de populatiegroei zou veranderen door de verdwijning van malaria. Er bestonden alternatieve methoden om dit uit te rekenen, zoals populatie-voorspelling software zoals DAPPS. DAPPS en andere programma's en manieren zijn geprobeerd maar bleken allemaal grote nadelen te hebben. Het grootste obstakel voor het gebruik van deze programma's was dat ze input getallen nodig hadden die zeer ingewikkeld te vinden en aan te passen waren. Hierdoor waren deze programma's niet geschikt voor gebruik in dit onderzoek, echter, zijn deze programma's veel accurater en kunnen zij rekening houden met veel meer variabelen dan mogelijk was in dit onderzoek. Daarom raden wij aan om dit soort software te gebruiken in toekomstig onderzoek als hiervoor de data en expertise beschikbaar is.

De formule zelf heeft ook een aantal limieten. Het eerste probleem is dat er bij het maken van een wiskundige formule er met maar een gelimiteerd aantal variabelen gerekend kan worden voordat de kans op fouten zeer groot wordt. Het is geprobeerd om meer factoren in de formule te verwerken, maar dit bleek te ingewikkeld en zorgde ervoor dat de formule niet werkte. Hierdoor waren wij geforceerd de formule wat te versimpelen. Wat ervoor zorgt dat het de werkelijkheid minder goed weer kan geven. Daarnaast, om rekening te houden met veranderende geboorte en sterftcijfers, is ervoor gekozen om het geboortecijfer en sterfte-cijfer steeds met een vaste factor te laten dalen, wat het gemiddelde is van de daling van 10 jaar. Het probleem is dat er in werkelijkheid geen vaste daling is elk jaar en de VN gaat hier ook niet vanuit, waardoor hoe verder je de toekomst in gaat, des te onzekerder zijn de voorspelde populatie getallen. Echter was dit noodzakelijk omdat wij niet de toekomstige sterftcijfers konden gebruiken van de VN omdat daarin wel rekening gehouden wordt met malaria en dat er specifiek uit moest. Het was echter onmogelijk om van voorspelde sterftcijfers de malaria af te halen omdat er geen voorspellingen zijn van malaria sterfte in de toekomst.

Hierdoor moest het sterftcijfer op een andere manier elk jaar veranderd worden en om niet een verschil te creëren tussen de manier van berekening van het sterftcijfer en geboortecijfer hebben wij beide op dezelfde manier berekend. Dit zorgt er echter wel voor dat het effect van de verwijdering van

malaria minder duidelijk wordt des te verder je de toekomst in gaat, omdat het verschil tussen het voorspelde sterfte- en geboortecijfer van de VN en van dit onderzoek steeds meer uit elkaar lopen. Hierdoor is het zelfs met de formule niet met zekerheid te zeggen dat dit is wat er ongeveer zal gebeuren met de totale populatie als malaria plotseling verdwijnt in Tanzania.

In dit onderzoek is gekozen om Tanzania te gebruiken als land voor onze voorspelling. Er was ook gekeken naar regio's in Tanzania om te gebruiken voor het onderzoek, om het zo specifiek mogelijk te maken. Maar er was simpelweg geen data beschikbaar op deze schaal. Er waren alleen gegevens te vinden over de effecten van malaria op nationaal schaalniveau. Echter zou dit onderzoek, als het op regionale schaal uitgevoerd was, een betrouwbaardere conclusie geven vanwege de grote bevolkingsverspreiding. Dit is omdat er dan veel precie-zere berekeningen en voorspellingen gemaakt kunnen worden omdat er, door de kleinere populatie en gebied, er minder factoren zijn om rekening mee te houden. Bepaalde factoren hadden dan weggestreept kunnen worden, denk aan migratie.

In dit onderzoek is er van uit gegaan dat malaria plotseling verdwijnt, hierdoor hebben men-sen en overheden geen tijd om langzaam te wennen aan de afname van de malaria doden. Er is ervan uitgegaan dat er geen plotselinge politieke en/of economische veranderingen worden gemaakt als malaria plotseling verdwijnt. Vooral omdat dat niet meetbaar is en het dan giswerk veel wordt. Wel is er een aanname gedaan dat er na een grote stijging van de populatie een daling in het geboortecijfer komt na raadpleging van de VN en de child-survival hypothesis.

Hierdoor is er een graad van onzekerheid in de conclusie die niet mogelijk is voor ons om zonder te gokken vast te stellen. Doordat er in dit onderzoek ervan uit is gegaan dat malaria op slag verdwijnt wordt dit een hypothetische situatie genoemd. Ziektes elimineren kost veel tijd, in die tijd kan een land/een groep mensen wennen aan de veranderende situatie wat een ander resultaat kan creëren dan in dit onderzoek wordt laten zien. Toekomstig onderzoek zou kunnen onderzoeken hoe de demografische groei veranderd als malaria op een geleidelijke manier verdwijnt.

Er is in het maken van de grafiek geen rekening gehouden met een verandering in de migratie over tijd zowel door het verdwijnen van malaria als door andere oorzaken. Dat is omdat het vaststellen van het effect van het verdwijnen van malaria op de migratie een onderzoek op zich kan en zou moeten zijn om er voldoende rekening mee te houden. Zelfs de VN heeft geen voorspelling gemaakt van de toekomstige immigratie omdat er zo veel factoren zijn om een voorspelling te creëren, zie fig. 1. Dit is omdat emigratie en immigratie afhankelijk is van de veiligheid in een land, de politieke situatie en de economische situatie. Aspecten die heel snel en vaak kunnen veranderen waardoor het heel onregelmatig is en dus lastig is te voorspellen. Omdat dit buiten de scope zou vallen van dit onderzoek en ermee rekening houden zodanig veel tijd zou kosten was er besloten om migratie als een vast getal in de formule te stoppen.

6. Conclusie

Uit de resultaten is te concluderen dat het verdwijnen van malaria ervoor zal zorgen dat de bevolkingsgroei van Tanzania stijgt. Dit is te concluderen doordat er bij de literaire bestudering van de oorzaken en gevolgen bleek dat er door

twee factoren een stijging van de populatiegroei zou ontstaan en door 1 factor een daling. Ook laat de formule zien dat in het geval van het verdwijnen van malaria er sprake is van een grote populatiegroei in een periode van 10 jaar. Doordat beide gebruikte methodes deze conclusie ondersteunen, zowel de literaire studie als de gemaakte formule, is deze conclusie aan te nemen. Echter, doordat er grote onzekerheden met de data zijn en er met vele factoren geen rekening gehouden kon worden, is het niet met zekerheid te zeggen dat in een non-theoretisch scenario hetzelfde zou gebeuren en er inderdaad een toename in de bevolkingsgroei zou ontstaan over de bekeken periode van tijd.

7. Bibliografie

Redactie archief. (2006, 26 mei). Top 10 doodsoorzaken wereldwijd. MedicalFacts.nl. <https://www.medicalfacts.nl/2006/05/26/top-10-doodsoorzaken-wereldwijd/> (Redactie archief, 2006)

Tanzania. (z.d.). Severe Malaria Observatory. <https://www.severemalaria.org/countries/tanzania> (Tanzania, z.d.)

Fact sheet about malaria. (2022, 8 december). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria> (Fact sheet about malaria, 2022)

World malaria report 2021. (2021, 6 december). <https://www.who.int/teams/global-malaria-programme/reports/world-malaria-report-2021> (World malaria report 2021, 2021)

McCarthy, D. A., Wolf, H. C., & Wu, Y. (2000). The Growth Costs of Malaria. National Bureau of Economic Research. <https://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/7541.html> (McCarthy et al., 2000)

C, L., & R, F. (1993). Economic impacts of malaria in Kenya and Nigeria. Office of Health. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnabs294.pdf (C & R, 1993)

Chima, R. I., Goodman, C. A., & Mills, A. (2003). The economic impact of malaria in Africa: a critical review of the evidence. *Health Policy*, 63(1), 17–36. [https://doi.org/10.1016/s0168-8510\(02\)00036-2](https://doi.org/10.1016/s0168-8510(02)00036-2) (Chima et al., 2003)

Sachs, J., & Malaney, P. (2002). The economic and social burden of malaria. *Nature*, 415(6872), 680–685. <https://doi.org/10.1038/415680a> (Sachs & Malaney, 2002)

McCord, G. C., Conley, D., & Sachs, J. D. (2017). Malaria ecology, child mortality & fertility. *Economics & Human Biology*, 24, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ehb.2016.10.011> (McCord et al., 2017)

Population, total - Tanzania | Data. (z.d.). <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=TZ> (Population, total - Tanzania | Data, z.d.)

Mboera, L. E. G., Rumisha, S. F., Lyimo, E. P., Chiduo, M. G., Mangu, C. D., Mremi, I. R., Kumalija, C. J., Joachim, C., Kishamawe, C., Massawe, I. S., Matamba, L. E., Kimario, E., Bwana, V. M., & Mkwashapi, D. M. (2018). Cause-specific mortality patterns among hospital deaths in Tanzania, 2006–2015. *PLOS ONE*, 13(10), e0205833. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205833> (Mboera et al., 2018)

Tanzania Malnutrition Fact Sheet 2016. (2016). USAID/Tanzania. <https://www.fantaproject.org/sites/default/files/resources/Tanzania-Malnutrition-Factsheet-Oct2016.pdf> (Tanzania Malnutrition Fact Sheet 2016, 2016)

United Nations Population Division. (z.d.). Time-Plot | Empirical Data | Data Portal. Population Division Data Portal. <https://population.un.org/dataportal/data/>

indicators/49/locations/834/start/1990/end/2030/empirical/empiricaltimeplot (United Nations Population Division, z.d.)

Chang, K. H., Fleisher, B. M., Kim, S., & Liu, S. Y. (2011). Long-Term Effects of Early Childhood Malaria Exposure on Education and Health: Evidence from Colonial Tai-wan. SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1771248> (Chang et al., 2011)

Wales, J., Tobias, J., Malangalila, E., Swai, G., & Wild, L. (2014). Stock-outs of essential medicines in Tanzania. In odi.org. Geraadpleegd op 17 november 2022, van <https://twaweza.org/wp-content/uploads/2021/02/Stock-outs-of-essential-medicines-in-Tanzania-ODI-TWA-final-March2014.pdf> (Wales et al., 2014)

Postema, A. (2021, 13 juni). Exponentiële verbanden. De Bijlesstudent. <https://debijlesstudent.nl/uitleg/vwo/wiskunde-a-vwo/exponentiele-verbanden-2/> (Postema, 2021b)

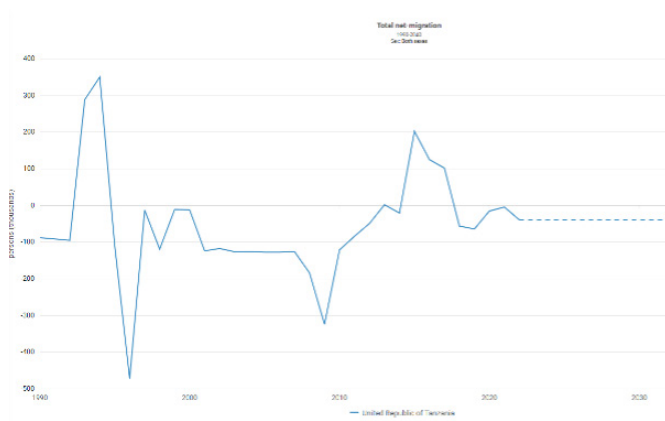
CDC - Malaria - About Malaria - History. (z.d.). <https://www.cdc.gov/malaria/about/history/index.html> (CDC - Malaria - About Malaria - History, z.d.-b)

Wormald, B. (2015, march). The Future of World Religions: Population Growth Projections, 2010-2050. Pew Research Center's Religion & Public Life Project. <https://www.pewresearch.org/religion/2015/04/02/religious-projections-2010-2050/> (Wormald, 2015b)

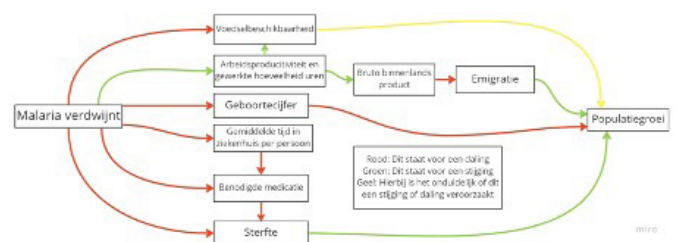
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2022, 10 oktober). Arbeidsproductiviteit. Bedrijvenbeleid | Bedrijvenbeleid in beeld. <https://www.bedrijvenbeleidinbeeld.nl/bedrijvenbeleid/arbeidsproductiviteit> (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022b)

Parkins, N. C. (2010). Push and Pull Factors of Migration. American Review of Political Economy, 8(2). <https://doi.org/10.3802/arpe.119> (Parkins, 2010b)

Bevolkingsgroei. (z.d.). <https://www.lenntech.nl/bevolkingsgroei-als-milieuprobleem.htm> (Bevolkingsgroei, z.d.-b)



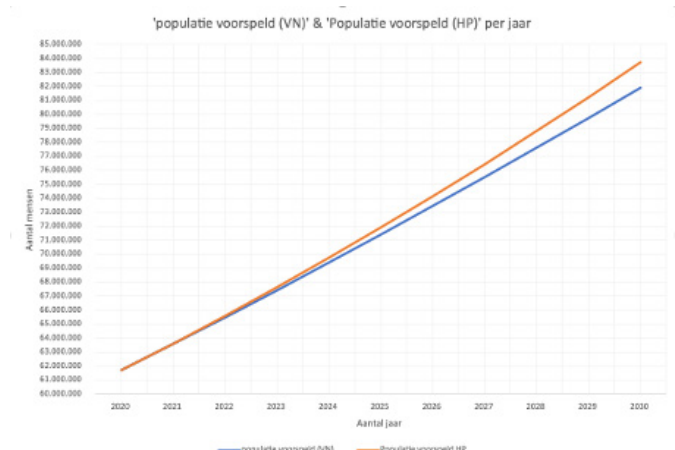
Figuur 1, total-net migratie Tanzania laatste 30 jaar + voorspelling toekomst.



Figuur 2, flowchart met concepten waar het verdwijnen van malaria effect op heeft.

jaar	pop. gegeven	geboortecijfer berekend	sterftecijfer berekend	migratie	Pop. voorspeld VN	Pop voorspeld HP
2010	45.110.528	0,03979	0,00842	-15803		
2011	46.416.032	0,03949	0,00805	-15803		
2012	47.786.138	0,03918	0,00769	-15803		
2013	49.253.644	0,03889	0,00736	-15803		
2014	50.814.552	0,03859	0,00703	-15803		
2015	52.542.824	0,03830	0,00673	-15803		
2016	54.401.802	0,03800	0,00643	-15803		
2017	56.267.032	0,03771	0,00615	-15803		
2018	58.090.443	0,03743	0,00588	-15803		
2019	59.872.579	0,03714	0,00562	-15803		
2020	61.704.518	0,03686	0,00537	-15803	61.704.518	61.704.518
2021		0,03658	0,00514	-15803	63.588.334	63.631.553
2022		0,03630	0,00491	-15803	65.497.748	65.616.403
2023		0,03602	0,00470	-15803	67.438.106	67.660.172
2024		0,03575	0,00449	-15803	69.419.073	69.763.967
2025		0,03548	0,00429	-15803	71.427.810	71.928.905
2026		0,03521	0,00410	-15803	73.462.460	74.156.103
2027		0,03494	0,00392	-15803	75.526.304	76.446.686
2028		0,03467	0,00375	-15803	77.619.828	78.801.780
2029		0,03441	0,00359	-15803	79.739.838	81.222.515
2030		0,03415	0,00343	-15803	81.885.304	83.710.023

Figuur 3, overzicht van de belangrijkste gegevens van de in Excel ingevoerde data en resultaten.



Figuur 4, grafiek van de totale populatie van de voorspelling van de VN en van dit onderzoek.

Jaar	Verskil in aantal mensen bij: Voorspelde populatie - VN populatie
2021	43.219
2022	118.655
2023	222.066
2024	344.894
2025	501.095
2026	693.643
2027	920.382
2028	1.181.952
2029	1.482.677
2030	1.824.719

Figuur 5, overzicht van verschil in populatie tussen voorspelling VN en voorspelling uit onderzoek

Het korte termijn effect van vitamine C op de Forced Vital Capacity bij jongeren

J.M.I. Geselschap¹, A.K. Versluys², M.J. Onstenk³, A.A. Ten Cate³, P. Nijland¹, N. Bout², L. Holsbeeke³

¹Lyceum de Grondel, Hengelo

²Het Vlier, Deventer

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Vitamin C, or ascorbic acid, is an essential nutrient. This strong reductant with an antioxidant effect renders free radicals harmless, also in the airways and lungs. An increased load of oxidants can lead to lung damage and a reduction in Forced Vital Capacity (FVC). Taking ascorbic acid has been shown to increase FVC. However, it is not yet known how this affects young people on short term. This research was conducted to investigate the effect of 1 gram of vitamin C on the Forced Vital Capacity in healthy young people after a three-hour period. In this study, 26 subjects aged between 14 and 17 were tested in the morning, after a vitamin-free breakfast with or without vitamin C, and tested again in the afternoon. The tests contained a measurement of the FVC through the use of a Vernier Spirometer. After interpretation of the measurements, the percentage change of the FVC in the intervention group appears to be 3.79% (with a standard deviation of 9.36%) and in the control group -0.52% (with a standard deviation of 11.14%). The difference is not significant and the standard deviation is too large to draw a conclusion from the results. This may be due to either the influence of other vitamins, no professional analysts or the use of suboptimal measuring equipment, which meant that a large margin had to be used. To better investigate changes of the FVC after vitamin C consumption, a follow-up study with more accurate research equipment is needed.

1. Inleiding

Vitamine C, of ascorbinezuur, is een essentiële voedingsstof voor een verscheidenheid aan biologische functies. Het menselijk lichaam is niet in staat om vitamine C zelf te synthetiseren. Daarom moet de behoefte aan vitamine C vervuld worden met natuurlijke bronnen en vitamine C supplementen (Institute Of Medicine Panel, 2000, p.95). Bij inname van een vitamine C tablet van 1 gram blijkt dat de concentratie vitamine C in het bloedplasma maximaal is na 3 uur (Padayatty et al., 2004). Vitamine C wordt geëlimineerd met een eliminatiehalfwaardetijd ($t_{1/2}$) van 10 uur, wat betekent dat de concentratie vitamine C in 10 uur met de helft afneemt (Schwedhelm et al., 2003). 1 gram vitamine C is gelijk aan 1250% van de referentie inname, een overdosis aan vitamine C urineert men uit vanwege haar wateroplosbare eigenschap. De aanvaardbare bovengrens van inname (UL) van vitamine C voor volwassenen is vastgesteld op 2 g/dag; de nadelige effecten waarop de UL is gebaseerd zijn diarree en maag- en darmstoornissen. Bijwerkingen van vitamine C zijn voornamelijk gemeld na zeer hoge dosis van meer dan 3 g/dag (Institute Of Medicine Panel, 2000, p.95).

Bij de celademhaling, waarbij zuurstof wordt gebruikt om energie te produceren, kan zuurstof worden omgezet tot reactieve zuurstofsoorten (ROS). Dit zijn vrije zuurstofradicalen, die ook wel oxidanten worden genoemd, kunnen leiden tot eiwit-, lipide- en DNA-schade (Rogers & Cismowski, 2018). Deze schade heet oxidatieve stress. Bij het ontstaan van veel ziektes speelt oxidatieve stress een rol (Bei, 2013). Van vitamine C is aangetoond dat het een effectieve antioxidant is; het maakt oxidanten onschadelijk (Packer, 1997). Daarom wordt vitamine C vaak toegediend om ziektes te voorkomen. Vitamine C kan, naast directe antioxidant, ook als indirecte antioxidant functioneren door de antioxidantende eigenschappen van vitamine E te herstellen (Bendich et al., 1986). Vitamine C en E zijn de belangrijkste antioxidanten in de longen, naast glutathion, bètacaroteen en urinezuur (Rahman et al., 2006).

Aangezien de longen direct worden blootgesteld aan grote hoeveelheden zuurstof, zijn de cellen die de luchtwegen

bekleden, in een unieke kwetsbare positie met betrekking tot oxidatieve schade (Wright et al., 1994). Daarom is het noodzakelijk dat het orgaan afweermechanismen bezit tegen oxidatieve stress. Ingeademde oxidanten kunnen een aantal ziekteprocessen op gang brengen, waaronder ontsteking van de luchtwegen (Cienciewicki et al., 2008). In de gezonde long wordt de oxidantbelasting gecompenseerd door de antioxidantafweer. Zowel een verhoogde belasting door oxidanten als een verminderde antioxidantafweer kunnen de oxidant-antioxidantbalans echter omkeren ten gunste van oxidanten, wat leidt tot longbeschadiging (Rahal et al., 2014). Een verhoogde belasting door oxidanten kan ontstaan door blootstelling aan (sigaretten)rook, drugs, luchtvervuiling en radiatie. Deze factoren kunnen leiden tot een grotere hoeveelheid oxidatieve stress (Schunemann et al., 1997). Ook bij gezonde mensen kan zo de oxidant-antioxidantbalans ten gunste van de oxidanten omkeren en dit kan schade toebrengen aan de longen. In een onderzoek van Schunemann et al. (1997) is in een populatiestudie de correlatie tussen verhoogde oxidatieve stress en de longfunctie onderzocht. Hierbij werd verhoogde oxidatieve stress geassocieerd met pulmonale luchtwegobstructie en een verlaagde FVC. FVC staat voor Forced Vital Capacity; het is de totale hoeveelheid lucht die na een volledige inademing maximaal kan worden uitgeademd. Vitamine C lijkt als antioxidant een positief effect op de longfunctie te hebben. Uit onderzoek is gebleken dat na een dagelijkse supplementatie van antioxidanten en vitamines gedurende vier weken, bestaande uit onder andere vitamine C, de gemiddelde luchtstroom tussen 25 en 75% van de geforceerde uitademing gemiddeld met 9% steeg en de procentuele beperking van de luchtstroom gemiddeld met 15% per minuut daalde. Oftewel, na de supplementatie konden de proefpersonen een groter volume lucht geforceerd uitblazen en hadden zij minder last van obstructie in de luchtwegen (Chenoweth et al., 2015). In een willekeurig gekozen steekproef van de Nederlandse bevolking bleek dat volwassenen van 20-59 jaar met een hoge inname van vitamine C gemiddeld ook een hogere FVC hebben (Grievink et al., 1998). Er zijn aanwijzingen dat bij personen die lijden

aan milde tot matige aanhoudende astma, een ontsteking aan de longen vaak gepaard gaat met een verhoogde vorming van oxidanten en de schadelijke effecten van deze vrije radicalen (Riccioni et al., 2007). Bij astmapatiënten zorgt 500 milligram vitamine C op een kort termijn van 1,5 uur voor verminderde verkrampingen van de spieren van de luchtpijp en voor een vermindering van de afname van de FVC tijdens inspanning, dat blijkt uit onderzoek van Schachter en Schlesinger (1982). Per persoon verschilt het in welke hoeveelheid oxidanten de longen beschadigen en hoeveel antioxidanten er via voeding worden ingenomen, die dit effect tegengaan. In een onderzoek van Britton et al. uit 1995 is aangetoond dat een verhoging van de dagelijkse inname vitamine C de longfunctie verbetert. In een populatie met een gemiddelde inname van 100 milligram vitamine C per dag, kon een toename van 40 milligram per dag een verhoging van de FVC met 23,3 mL veroorzaken. De gemiddelde FVC van een man is 4 tot 6 L (Moore, 2012). Het is dus een minimaal verschil, maar toch blijkt dat de longfunctie van de algemene populatie gemiddeld verbetert door een grotere antioxidantinnname, ook al is er binnen de populatie een verschil in mate van oxidatieve stress.

De FVC kan gemeten worden met een spirometer. Een pneumotachograaf is een spirometer die metingen doet op basis van drukverval. Als er lucht door de Flow Head wordt geperst, ontstaat er een klein drukverschil tussen de voor- en achterkant van een luchtdoorlaatbaar scherm van gaas. Een buis voor het scherm en een buis achter het scherm geven de druk door aan een drukverschiltransducer. Hoe groter de luchtstroom die door het scherm gaat, hoe groter de drukdifferentieel. Dit maakt directe meting van het luchtdebiet (L/s) mogelijk. Vanuit deze metingen is de inhoud (L) en dus de FVC te berekenen (Spirometer User Manual, 2019). De eis voor een reproduceerbare meting is dat de hoogste en de op één na hoogste waarde voor de FVC niet meer dan 0,150 L van elkaar mogen verschillen ("Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society.", 1995).

Bovengenoemde onderzoeken van Schachter en Schlesinger, Grievink et al., en Britton et al. tonen aan dat consumptie van vitamine C een belangrijke rol speelt bij het functioneren van de longen en daarmee een positief effect heeft op de FVC. Naar het effect van vitamine C op het gehele menselijk lichaam werd in de afgelopen jaren steeds vaker onderzoek gedaan. Deze onderzoeken waren vooral gericht op rokers, astmapatiënten en ouderen; dit zijn doelgroepen met beschadigde longen en/of een verminderde antioxidantweerstand. Voorbeelden zijn het onderzoek van Schachter en Schlesinger (1982) naar het korte termijn-effect van vitamine C op de longen van astmapatiënten en het onderzoek van Dow et al. (1996) naar het effect van vitamine C op de longen van ouderen. Onderzoeken naar gezonde, jonge mensen hadden betrekking op de lange termijn effecten van vitamine C inname op de longfunctie, bijvoorbeeld het onderzoek van Chenoweth et al. uit 2015 waar proefpersonen vier weken lang een antioxidantkuur toegediend kregen. Het is echter nog onbekend of het innemen van vitamine C supplementen effect heeft op korte termijn op de longen van de gezonde, jongere generatie. In dit paper wordt de volgende onderzoeksvraag onderzocht: 'Wat is het effect na een termijn van drie uur van de inname van 1 gram vitamine C op de Forced Vital Capacity bij jongeren tussen de 14 en 17 jaar?' De termijn van drie uur is gekozen, opdat de plasmaconcentratie vitamine C dan optimaal is. Aangezien in onderzoek van Schachter en Schlesinger (1982) al na 1,5 uur

een effect van vitamine C op de longfunctie is opgetreden, is het te verwachten dat vitamine C ook drie uur na inname een meetbaar effect op de longen heeft. Wanneer proefpersonen, na in ieder geval een week voorafgaande aan het onderzoek geen grote hoeveelheden antioxidanten binnen te hebben gekregen, 1 gram vitamine C toegediend krijgen, wordt verwacht dat dit een meetbare verhoging van de FVC tot gevolg zou hebben. Dit zou kunnen leiden tot de conclusie dat de longen van de proefpersonen profiteren van een verhoging van de vitamine C inname.

2. Materiaal en methode

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de Vernier spirometer, een pneumotachograaf. Wanneer de spirometer is aangesloten kon de proefpersoon beginnen met blazen op de stroomkop. Hierom heen zit een wegwerp mondstuk die proefpersoon eigen is en dus bij elke test werd gewisseld. Een laptop die aan op de Vernier Spirometer was aangesloten, werd gekoppeld aan een Coachlab II+. Zo ontstond er per meting een grafiek in het programma Coach 7 waarin het luchtdebiet (L/s), ook wel de Flow Rate, werd uitgezet tegen de tijd. Vanuit deze metingen is de inhoud (L) en dus de FVC berekend.

26 proefpersonen (5 M; 21 F) zijn onderverdeeld in een interventie- en controlegroep, beide bestaande uit 13 personen. De proefpersonen zijn geselecteerd op basis van een vragenlijst (zie bijlage). Proefpersonen waren niet-rokers, aangezien rokers in eerste instantie al een laag vitamine C gehalte en verhoogde oxidatieve stress hebben (Kallner et al., 1981). Ook hadden de proefpersonen geen longziekten, zoals astma, omdat de longfunctie van zo'n persoon op een dag hevig kan variëren. De proefpersonen hadden geen ziektes of afwijkingen aan hun verteringsstelsel, deze ziekten zouden namelijk de opname van vitamine C kunnen beïnvloeden. De proefpersonen in dit onderzoek waren tussen de 14 en 17 jaar.

De eerste meting werd in de ochtend rond 08:30 uitgevoerd; de proefpersonen hadden de voorafgaande dag na 20:00 geen vitamine C en zo min mogelijk antioxidanten en na 22:00 helemaal geen voedingsstoffen binnengekregen. Deze tijdstippen zijn gekozen door te kijken naar de halfwaardetijd van vitamine C en verschillende antioxidanten. Zo is de invloed van andere antioxidanten hierbij zo veel mogelijk uitgesloten. Ook hebben de proefpersonen een week van tevoren geen vitamines en andere voedingstabletten geslikt, om het vitamine- en antioxidantpeil van de proefpersonen laag te houden. In deze tabletten zitten namelijk grote concentraties vitamines of antioxidanten, vaak meer dan 1000% van de dagelijkse referentie inname.

De FVC werd bij de eerste meting drie keer gemeten als nulmeting. De proefpersonen zijn voorbereid op de meting middels een instructievideo van de richtlijnen van Gezondheid en Wetenschap (2016). Van de drie metingen is de hoogste waarde gebruikt bij de verwerking van resultaten. Dit omdat het bij de FVC gaat om de totale hoeveelheid lucht die na een volledige inademing maximaal kan worden uitgeademd.

Na de eerste meting werd het ontbijt verzorgd, bestaande uit wit brood met vruchtenhagel en water. Voor dit ontbijt is gekozen, opdat de proefpersonen zo min mogelijk vitamines (C, E, A) en antioxidanten (bètacaroteen, flavonolen, tocotriënolen) binnengekregen, die de longinhoud konden beïnvloeden. De interventiegroep kreeg 1 gram vitamine C in tabletvorm toegediend, de placebogroep kreeg een TicTac met hetzelfde uiterlijk als de vitamine C pil. Drie uur na het nuttigen van

het ontbijt is opnieuw de FVC gemeten op dezelfde wijze. Proefpersonen hebben in deze drie uur geen grote lichamelijke inspanning verricht, omdat een verhoogd metabolisme bij inspanning een potentiële bron van oxidatieve stress is (Leeuwenburgh & Heinecke, 2001).

Wanneer bij een proefpersoon de marge tussen de hoogst gemeten FVC en de op één na hoogste FVC van één meting groter was dan 0,250 L, is deze proefpersoon niet meegerekend. Deze marge dient aangehouden te worden om te zorgen voor een reproduceerbare meting, in de literatuur wordt 0,150 L als marge aangehouden ("Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society.", 1995). Er bleven 16 proefpersonen over (4 M; 12 F), de controlegroep en de interventiegroep bestonden beide uit 8 personen.

Daarna is de procentuele verandering van de FVC berekend ten opzichte van de nulmeting. De FVC is afhankelijk van conditie, lichaamsbouw, leeftijd en geslacht. Door met procentuele verandering vanaf de nulmeting te rekenen, werd er rekening gehouden met het verschil in standaard longinhoud van de proefpersonen.

3. Resultaten

Figuur 1 geeft een boxplot weer met de procentuele verandering ten opzichte van de waarde van de nulmeting. Het is te zien dat binnen deze waarden een grote spreiding aanwezig is, met name bij de controlegroep. Dit is te zien aan de lengte van de box. De lengte van de box, ook wel de kwartielafstand, is een spreidingsmaat die aangeeft hoe verspreid de getallen in de reeks zijn. Het gemiddelde is aangegeven met een kruisje.

De gemiddelde procentuele verandering van de FVC is bij de interventiegroep 3,79% (met een standaardafwijking van 9,36%) en bij de controlegroep -0,52% (met een standaardafwijking van 11,14%). De procentuele gemiddeldes van beide groepen liggen dicht bij elkaar en de standaardafwijkingen zijn bij beide groepen groter dan de gemiddelde waarde. De standaardafwijking is bij de controlegroep groter dan bij de interventiegroep.

4. Conclusie

Het antwoord op de vraag: 'Wat is het effect na een termijn van drie uur van de inname van 1 gram vitamine C op de Forced Vital Capacity bij jongeren tussen de 14 en 17 jaar?', is als volgt. Op basis van deze resultaten is geen verband te zien tussen vitamine C en de FVC. Het verschil tussen de procentuele verandering bij de controlegroep en de interventiegroep is niet significant. Daarnaast is de standaardafwijking te groot om een conclusie uit de resultaten te kunnen trekken. In dit onderzoek is geen indicatie gevonden dat vitamine C effect heeft op de gezonde longen van jongeren op korte termijn.

5. Discussie

Op basis van de resultaten kan geen conclusie worden getrokken, omdat de standaardafwijking te groot is. De grote standaardafwijking en het verschil tussen de standaardafwijkingen van de interventie- en controlegroep zouden kunnen liggen aan een te kleine testgroep, waarbij een eventuele uitschieter de standaardafwijking sterk kan beïnvloeden. Maar in het onderzoek van Schachter & Schlesinger (1982) is een testgroep van slechts 12 personen gebruikt en daar werd wel een significante correlatie ($p < 0.05$) gevonden tussen vitamine C en de FVC op korte termijn bij astmapatiënten. De grote standaardafwijking

zal daarom waarschijnlijk voornamelijk liggen aan de lage reproduceerbaarheid van de metingen.

Voor een goede test zijn er drie aanvaardbare FVC-metingen nodig. De eis is dat de hoogste en de op één na hoogste waarde voor de FVC niet meer dan 0,150 L van elkaar mogen verschillen ("Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society.", 1995). Deze marge is bepaald door de American Thoracic Society/European Respiratory Society, ook wel de ATS/ERS. Wanneer niet aan de marge wordt voldaan, moet de test opnieuw worden uitgevoerd. Wanneer na acht keer meten geen resultaat is verkregen met een aanvaardbare marge, moet de proefpersoon uit het onderzoek worden weggelaten (Moore, 2012). De gebruikte spirometer (Vernier, aangesloten op Coach 7) had geen functie om de metingen automatisch te beoordelen op reproduceerbaarheid. De metingen moesten eerst worden geanalyseerd en konden daarna pas met elkaar vergeleken worden. In het korte tijdsbestek was het niet mogelijk om meteen te controleren of de metingen voldeden aan de marge van 0,150 L. Na afloop van de testdag bleek dat 10 van de 26 metingen van de proefpersonen aan deze marge voldeden, hierbij bestonden zowel de interventiegroep als de controlegroep beide uit 5 proefpersonen. Dit is een te gering aantal om een betrouwbare interpretatie op te baseren. In onderzoek van Enright uit 2003 bij Mayo Clinic bleek dat negen van de tien proefpersonen overeenkwamen met hun FEV1-waarden binnen 0,150 L in één meting en dus waren deze metingen reproduceerbaar. Bij deze metingen werden negen professionele spirometers gebruikt (Medical Graphics 1085 desktop system). Metingen van FEV1-waarden zijn vergelijkbaar qua reproduceerbaarheid met metingen van de FVC. Het is aannemelijk dat het verschil in reproduceerbaarheid van de resultaten van Enright en dit onderzoek te maken heeft met de uitvoering van de metingen, maar ook met het verschil in nauwkeurigheid van de apparatuur. Wanneer metingen grote variatie vertonen, is dat vaak het gevolg van onvolledige inademing (Miller, 2005). Zo'n onvolledige inademing kan liggen aan de proefpersoon of aan de begeleiding die de proefpersoon krijgt. De meest voorkomende oorzaak van foutieve resultaten is suboptimale patiëntbegeleiding (Enright, 2003). Het feit dat de longfunctietest niet is afgenomen door deskundigen kan een impact hebben op de betrouwbaarheid van het onderzoek en een reden zijn dat een groot percentage van de metingen niet aan de marge voldoet. Een ontspannen testafnemer kan enige zenuwen van proefpersonen wegnemen, wat ervoor kan zorgen dat de proefpersonen wellicht makkelijker kunnen uitblazen. Metingen van de FVC zijn afhankelijk van de coöperatie van de proefpersonen. Hoewel de proefpersonen zijn voorbereid op de meting middels een instructievideo, is het te veronderstellen dat de proefpersonen niet precies wisten hoe ze moesten uitademen om een maximale FVC te behalen. Het zou kunnen dat sommige proefpersonen bij de tweede meting harder uit konden blazen, omdat ze, na de eerste meting, comfortabeler waren met het blazen en beter wisten wat van hen verwacht werd. Dit zou een procentuele toename de FVC betekenen tussen de twee metingen, die onafhankelijk is van de toegediende vitamine C. Dat zou betekenen dat het onderzoek niet valide is uitgevoerd. Zowel bij de interventie- als de controlegroep zou dit plaats kunnen hebben gevonden. Omdat dit bij de ene proefpersoon wel het geval zou kunnen zijn geweest en bij de ander niet, zou het wellicht de grote standaardafwijking kunnen verklaren binnen de twee onderzoeksgroepen. Een

verbeterpunt hierop zou kunnen zijn om voorafgaande aan de testdag al een proeftest uit te voeren met de proefpersonen. Dit zou dan kunnen dienen als een oefening, waarvan de resultaten niet worden meegenomen in het onderzoek. Zo worden zowel de participanten als de analisten in de gelegenheid gesteld om met een goede voorbereiding aan de testdag te beginnen.

Ook het gebruik en de nauwkeurigheid van de meetapparatuur kan van invloed zijn op de reproduceerbaarheid van de metingen. Voorafgaande aan elke meting is door middel van het programma Coach 7 en Coachlab II+ de spirometer geïjkt en daarmee handmatig op nul gesteld. Bij een aantal metingen is te zien dat de grafiek de x-as niet snijdt als er niet meer door de spirometer geblazen wordt aan het einde van de meting. Dit betekent dat de spirometer niet nauwkeurig geïjkt is of dat er afwijkingen zijn binnen het spirometriesysteem.

Flowmeters zijn erg moeilijk te kalibreren (Moore, 2012). Daar komt bij kijken dat een pneumotachograaf, zoals de Vernier Spirometer, CO₂- en temperatuurgevoelig is. De opwarming van de kamerlucht in de pneumotachograaf en de concentratie gassen en waterdamp in de uitgeademde lucht in vergelijking met ingeademde lucht zijn de belangrijkste invloeden op het gemeten stroomvolume bij pneumotachografische metingen (von der Hardt & Zywiets, 1976). Veranderingen van de omstandigheden in de ruimte waar de metingen zijn uitgevoerd, kunnen tijdens een meting hebben geleid tot schommelingen in de uitlezing van de flow. De spirometers waarop de marge van de ATS/ERS is gebaseerd, moeten voldoen aan bepaalde eisen om in de medische wereld gebruikt te worden. Zo moeten bijvoorbeeld alle spirometers de temperatuur (met een nauwkeurigheid van $\pm 1^\circ\text{C}$) en de luchtdruk kunnen meten, om een zogeheten BTPS-correctie over de metingen uit te kunnen voeren ("Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society.", 1995). De Vernier Spirometer kan niet aan de eis van de ATS/ERS voldoen. De schommelingen in de flow ten gevolge van veranderingen in de CO₂-concentratie of de temperatuur en het feit dat de Vernier Spirometer hierover geen correctie kan uitvoeren zouden ook kunnen verklaren waarom de spirometer niet 0 L/s aangeeft wanneer er geen lucht doorheen gaat. In zo'n geval zijn de grafieken een stukje omhoog verschoven, dit is een minimaal verschil, van bijvoorbeeld 0,04 L. Maar wanneer de oppervlakte onder de grafiek wordt bepaald, om zo de FVC te bepalen, zal deze waarde hierdoor te hoog uitvallen. Tijdens de verwerking van de resultaten is hier rekening mee gehouden, door te corrigeren voor het te grote volume. Omdat dit handmatig geschat en berekend is, heeft dit de nauwkeurigheid van de resultaten negatief kunnen beïnvloeden.

De nauwkeurigheid van een spirometriesysteem hangt af van de kenmerken van het gehele systeem, van de flowtransducer tot het display. Veranderingen in enig aspect van de apparatuur of fouten tijdens elke stap in het proces kunnen de nauwkeurigheid van de resultaten beïnvloeden. (Miller, 2005). Afwijkingen kunnen zijn ontstaan tijdens het gehele proces. Dit kunnen afwijkingen zijn die zijn ontstaan door fouten van de testafnemers; tijdens het afnemen van de test, tijdens het handmatig ijken van de spirometer of tijdens de resultaatverwerking. Of afwijkingen die zijn ontstaan door fouten in de meetapparatuur. Uit bovenstaande blijkt dat de Vernier Spirometer niet geschikt is om nauwkeurige metingen uit te voeren. In de gebruiksaanwijzing van de Vernier Spirometer staat dan ook: 'Vernier-producten zijn ontworpen voor educatief gebruik. Onze producten zijn niet ontworpen

en worden niet aanbevolen voor industriële, medische of commerciële processen' (Spirometer User Manual, 2019). Vanwege de lagere nauwkeurigheid van de Vernier Spirometer is in dit onderzoek de marge verhoogt naar 0,250 L. Voor deze marge is gekozen zodat zowel de interventiegroep als de controlegroep een gelijk aantal proefpersonen bevatten. Daarnaast blies op beide testdagen een gelijk percentage proefpersonen (62%) reproduceerbare metingen, wanneer voor de marge van 0,250 L gekozen wordt. Met deze marge kon een evenwichtige interpretatie plaatsvinden. Het verhogen van de marge had als gevolg dat er 16 van de 26 proefpersonen (4M; 12F) mee werden genomen in de resultaatverwerking. De controlegroep en de interventiegroep bestonden beide uit 8 personen. Was er wel gerekend met de marge van 0,150 L en dus met 10 proefpersonen, dan zou de gemiddelde procentuele verandering van de FVC bij de interventiegroep 3,82% zijn (met een standaardafwijking van 11,55%) en bij de controlegroep -5,69% (met een standaardafwijking van 7,94%). Maar ook dan zouden de resultaten niet significant zijn. Wel zouden de resultaten dan betrouwbaarder en reproducebaar zijn. Het aanhouden van deze marge met een grotere testgroep zou een significant resultaat kunnen opleveren in vervolgonderzoek.

Omdat oxidatieve stress bij proefpersonen in verschillende mate voorkomt en alleen gezonde longen worden gemeten, kan het zijn dat de longen van sommige proefpersonen nauwelijks schade ervaren van oxidatieve stress. Dan zou er zijn gemeten of alleen de longfunctie van longen die echt schade hebben van oxidanten verbeterd, terwijl in dit onderzoek juist het doel is het effect op alle gezonde longen te bepalen. Het onderzoek zou meer valide zijn, wanneer door bloedonderzoek van de proefpersonen de mate van oxidatieve stress zou zijn vastgesteld en dit met de resultaten zou zijn verrekend.

Verschillen in vitamine C concentraties in het bloed tussen mannen en vrouwen kunnen gedeeltelijk worden toegeschreven aan verschillen in vitamine C inname. Toch tonen onderzoeken bij ouderen aan dat er een verschil in plasmaconcentratie van vitamine C bestaat en dat dit verschil significant is wanneer mannen en vrouwen gelijke hoeveelheden vitamine C consumeren (Garry et al., 1982). Het wordt aangenomen dat dit verschil ontstaat op basis van verschillen in lichaamsgrootte, hoeveelheid lichaamsvocht en lichaamsmassa. In dit onderzoek is het verschil in de procentuele toename van FVC tussen jongens en meisjes niet te vergelijken, aangezien van de 16 proefpersonen slechts één jongen deelnam aan de controlegroep.

De proefpersonen hebben 12 uur voor het onderzoek geen flavonolen (die aanwezig zijn in vooral groenten en fruit, wijn en noten) en 10 uur van tevoren geen enkele voedingsstof binnengekregen. De halfwaardetijd van flavonolen is 12 tot 19 uur (Schwedhelm et al., 2003). Flavonolen kunnen wellicht een klein antioxidant effect gehad hebben op de longfunctie. De halfwaardetijd van vitamine C is 10 uur (Schwedhelm et al., 2003). Het is daardoor goed mogelijk dat de proefpersonen nog een rest vitamine C in hun lichaam hebben en dat deze vitamine C concentratie per proefpersoon verschilt. Omdat de hoeveelheid vitamine C dat zich nog in het lichaam van de proefpersonen bevindt, klein is ten opzichte van de hoge dosis vitamine C in de vitaminetabletten, is dit verwaarloosbaar. Het kan zijn dat het per persoon verschilt welke dosis vitamine C nodig is om een bepaald fysiek effect te merken. Door de proefpersonen een overdosis vitamine C toe te dienen, kan ook dit gegeven verwaarloosd worden. De

halfwaardetijd van een andere sterke antioxidant, vitamine E, is 3 dagen. Ook bètacaroteen, de provitamine van de antioxidant vitamine A, heeft een grote halfwaardetijd, namelijk 5 tot 7 dagen (Schwedhelm et al., 2003). Het is niet mogelijk om de proefpersonen te vragen een aantal dagen geen vitamine E en betacaroteen te consumeren. Daarnaast kunnen vitamine A en E door het lichaam als reserve worden opgeslagen in respectievelijk de lever (Davies & Moore, 1941) en vetweefsel (Drevon, 1991). Het kan dus zijn dat de dagelijkse vitamine inname van de proefpersonen een rol kan hebben gespeeld bij het wel of niet veranderen van de FVC. Bij het onderzoek van Schachter & Schlesinger (1982), waar ook het korte termijneffect van vitamine C op de longfunctie onderzocht, is de proefpersonen gevraagd acht uur van tevoren geen voedingsmiddelen te eten met grote concentraties ascorbinezuur, zoals koffie, fruit en sappen. In onderzoek van Levine et al. (1996) hadden de proefpersonen 14 uur vast. In dit onderzoek was dat 10 tot 12 uur. Op deze manier was het een dragelijk onderzoek voor de proefpersonen.

Zoals in de inleiding staat vermeld, is de aanvaardbare bovengrens van inname van vitamine C vastgesteld op 2 g/dag. In dit onderzoek is 1 gram vitamine C aan de proefpersonen toegediend. De dosis is zo gekozen dat de proefpersonen geen nadelige gevolgen ervaren. Mocht er toch sprake zijn van een overdosis als gevolg van consumptie gedurende de dag van voedingsmiddelen met een hoog vitamine C gehalte, urineert men vitamine C uit vanwege haar wateroplosbare eigenschap (Institute Of Medicine Panel, 2000, p.95). Daarnaast is aan de proefpersonen duidelijk vermeldt dat ze voor het onderzoek (eventueel) vitamine C moesten slikken. Op deze manier is het onderzoek ethisch verantwoord uitgevoerd.

De resultaten en eerder uitgevoerde onderzoeken geven aanleiding om toch een invloed van vitamine C op de longinhoud van jongeren te verwachten. Bij de proefpersonen die vitamine C toegediend kregen is de FVC gemiddeld gestegen met 3,79%. Bij de proefpersonen uit de controlegroep is de gemiddelde FVC juist gedaald. Daarnaast is de standaardafwijking van de controlegroep opvallend groot ten opzichte van de interventiegroep. Doordat in dit onderzoek de onderzoeksgroep klein was, kan over dit verschil in procentuele verandering van de FVC en de spreiding niks gezegd worden. In een vervolgonderzoek zou een grotere testgroep gebruikt moeten worden en moet er gemeten worden met nauwkeuriger onderzoeksapparatuur. Daarbij worden spirometers aangeraden die automatisch berekenen of een meting reproduceerbaar is. Bovendien zal de betrouwbaarheid van de metingen vergroot worden, wanneer de metingen worden uitgevoerd door getrainde professionals met ervaring en verstand van de meetinstrumenten.

6. Bibliografie

Bei, R. (2013). Effects of Vitamin C on health: a review of evidence. *Frontiers in Bioscience*, 18(3), 1017. <https://doi.org/10.2741/4160>

Bendich, A., Machlin, L., Scandurra, O., Burton, G. & Wayner, D. (1986). The antioxidant role of vitamin C. *Advances in Free Radical Biology & Medicine*, 2(2), 419–444. [https://doi.org/10.1016/s8755-9668\(86\)80021-7](https://doi.org/10.1016/s8755-9668(86)80021-7)

Britton, J. R., Pavord, I. D., Richards, K. A., Knox, A. J., Wisniewski, A. F., Lewis, S. A., Tattersfield, A. E. & Weiss, S. T. (1995). Dietary antioxidant vitamin intake and lung function in the general population. *American Journal of*

Respiratory and Critical Care Medicine, 151(5), 1383–1387. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.151.5.7735589>

Chenoweth, L. M., Smith, J. R., Ferguson, C. S., Downey, A. E. & Harms, C. A. (2015). The effects of antioxidant vitamin supplementation on expiratory flow rates at rest and during exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 115(10), 2049–2058. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3183-z>

Ciencewicki, J., Trivedi, S. & Kleeberger, S. R. (2008). Oxidants and the pathogenesis of lung diseases. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 122(3), 456–468. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2008.08.004>

Cook, D. G., Carey, I. M., Whincup, P. H., Papacosta, O., Chirico, S., Bruckdorfer, K. R. & Walker, M. (1997). Effect of fresh fruit consumption on lung function and wheeze in children. *Thorax*, 52(7), 628–633. <https://doi.org/10.1136/thx.52.7.628>

Davies, A. W. & Moore, T. (1941). Interaction of Vitamins A and E. *Nature*, 147(3739), 794–796. <https://doi.org/10.1038/147794a0>

Dow, L., Tracey, M., Villar, A., Coggon, D., Margetts, B. M., Campbell, M. J. & Holgate, S. T. (1996). Does dietary intake of vitamins C and E influence lung function in older people? *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 154(5), 1401–1404. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.154.5.8912755>

Drevon, C. A. (1991). Absorption, Transport and Metabolism of Vitamin E. *Free Radical Research Communications*, 14(4), 229–246. <https://doi.org/10.3109/10715769109088952>

Enright, P. L. (2003). How to make sure your spirometry tests are of good quality. *Respiratory Care*, 48(8), 773–776.

Enright PL, Beck KC, Sherrill DL. Repeatability of spirometry in 18,000 adult patients. *Am J Respir Crit Care Med* (2003, in press)

Garry, P. J., Vanderjagt, D. J. & Hunt, W. C. (1987). Ascorbic Acid Intakes and Plasma Levels in Healthy Elderly. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 498(1 Third Confere), 90–99. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1987.tb23753.x>

Gezondheid en wetenschap. (2016). Longfunctietests · Gezondheid en wetenschap. [gezondheidwetenschap.be](https://www.gezondheidwetenschap.be). Geraadpleegd op 22 september 2022, van <https://www.gezondheidwetenschap.be/richtlijnen/longfunctietests>

Graziano Riccioni, Mancini Barbara, Tonino Bucciarelli, Carmine Di Ilio & Nicolantonio D’Orazio. (2007). Antioxidant vitamin supplementation in asthma. *Annals of Clinical and Laboratory Science*, 37(1), 96–101.

Grievink, L., Smit, H. A., Ocke, M. C., van ’t Veer, P. & Kromhout, D. (1998). Dietary intake of antioxidant (pro)-vitamins, respiratory symptoms and pulmonary function: the MORGEN study. *Thorax*, 53(3), 166–171. <https://doi.org/10.1136/thx.53.3.166>

Institute of Medicine (US) Panel on Dietary Antioxidants and Related Compounds. (2000). *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids*. National Academies Press (US), 95.

Kallner, A. B., Hartmann, D. & Hornig, D. H. (1981). On the requirements of ascorbic acid in man: steady-state turnover and body pool in smokers. *The American Journal of*

Clinical Nutrition, 34(7), 1347–1355. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.7.1347>

Leeuwenburgh, C., & Heinecke, J. (2001). Oxidative Stress and Antioxidants in Exercise. *Current Medicinal Chemistry*, 8(7), 829–838. <https://doi.org/10.2174/0929867013372896>

Levine, G. N., Frei, B., Koulouris, S. N., Gerhard, M. D., Keaney, J. F. & Vita, J. A. (1996). Ascorbic Acid Reverses Endothelial Vasomotor Dysfunction in Patients With Coronary Artery Disease. *Circulation*, 93(6), 1107–1113. <https://doi.org/10.1161/01.cir.93.6.1107>

Miller, M. R. (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 26(2), 319–338. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>

Moore, V. (2012). Spirometry: step by step. *Breathe*, 8(3), 232–240. <https://doi.org/10.1183/20734735.0021711>

Packer, L. (1997). *Vitamin C in Health and Disease*. Taylor & Francis.

Padayatty, S. J., Sun, H., Wang, Y., Riordan, H. D., Hewitt, S. M., Katz, A., Wesley, R. A. & Levine, M. (2004). Vitamin C Pharmacokinetics: Implications for Oral and Intravenous Use. *Annals of Internal Medicine*, 140(7), 533. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-140-7-200404060-00010>

Rahal, A., Kumar, A., Singh, V., Yadav, B., Tiwari, R., Chakraborty, S. & Dhama, K. (2014). Oxidative Stress, Prooxidants, and Antioxidants: The Interplay. *BioMed Research International*, 2014, 1–19. <https://doi.org/10.1155/2014/761264>

Rahman, I., Biswas, S. K. & Kode, A. (2006). Oxidant and antioxidant balance in the airways and airway diseases. *European Journal of Pharmacology*, 533(1–3), 222–239. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2005.12.087>

Rogers, L. K. & Cismowski, M. J. (2018). Oxidative stress in the lung – The essential paradox. *Current Opinion in Toxicology*, 7, 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2017.09.001>

Schachter, E. N. & Schlesinger, A. (1982). The attenuation of exercise-induced bronchospasm by ascorbic acid. *Annals of allergy*, 49(3), 146–151. https://www.mv.helsinki.fi/home/hemila/A/Schachter_1982_ch.pdf

Schunemann, H. J., Muti, P., Freudenheim, J. L., Armstrong, D., Browne, R., Klocke, R. A. & Trevisan, M. (1997). Oxidative Stress and Lung Function. *American Journal of Epidemiology*, 146(11), 939–948. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009220>

Schwedhelm, E., Maas, R., Troost, R. & Böger, R. H. (2003). Clinical Pharmacokinetics of Antioxidants and Their Impact on Systemic Oxidative Stress. *Clinical Pharmacokinetics*, 42(5), 437–459. <https://doi.org/10.2165/00003088-200342050-00003>

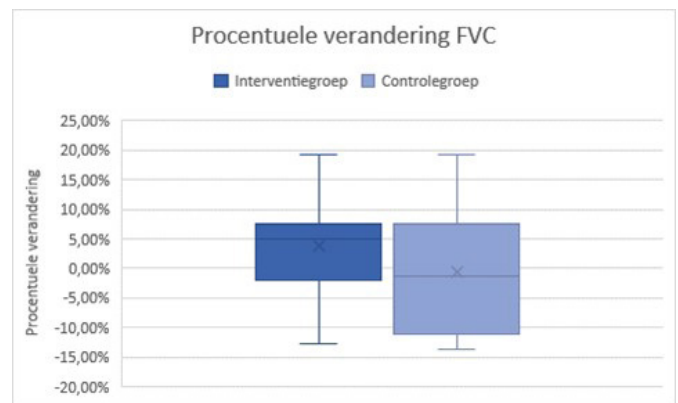
Spirometer User Manual. (2019, juni). Vernier Science Education. Geraadpleegd op 27 januari 2023, van <https://www.vernier.com/manuals/spr-bta/>

Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society. (1995). *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 152(3), 1107–1136. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.152.3.7663792>

Von der Hardt, H., & Zywiets, C. (1976). Reliability in Pneumotachographic Measurements. *Respiration*, 33(6), 416–424. <https://doi.org/10.1159/000193759>

Wright, D. T., Cohn, L. A., Li, H., Fischer, B., Li, C. M. & Adler, K. B. (1994). Interactions of oxygen radicals with airway epithelium. *Environmental Health Perspectives*,

102(suppl 10), 85–90. <https://doi.org/10.1289/ehp.94102s1085>



Figuur 1, procentuele verandering van de FVC ten opzichte van de nulmeting.

Figuur 2, de vragenlijst

Deze vragenlijst dient ertoe om proefpersonen te selecteren voor het onderzoek ‘Het korte termijn effect van vitamine C op de Forced Vital Capacity bij jongeren’.

Wat houdt het in?

In dit experiment, dat plaatsvindt op 6 oktober, wordt onderzocht of vitamine C bij jongeren effect heeft op korte termijn op de FVC. FVC staat voor Forced Vital Capacity; het is de totale hoeveelheid lucht die na een volledige inademing maximaal kan worden uitgeademd. Bij de groep proefpersonen wordt de FVC tweemaal gemeten met behulp van een spirometer. Dit gebeurt in de ochtend en drie uur later in de middag. Daarbij wordt ook het ontbijt verzorgd en krijgt u een vitamine C supplement. Zou u hieraan willen deelnemen? Vul dan onderstaande vragenlijst in. Uw antwoorden en gegevens zullen alleen worden gebruikt ten behoeve van het onderzoek en zullen daarna worden verwijderd.

Kunt u de onderstaande vragen beantwoorden met ‘nee’?

Vul dan de vragenlijst verder in. Is dit niet het geval, dan kunt u helaas niet deelnemen aan het onderzoek.

Rookt u op dagelijkse basis?

Heeft u coronaire hartziekten en/of hart- en/of vaatziekten?

Heeft u longziekten? Bijv. astma, longcovid, bronchitis, COPD.

Heeft u een ziekte met betrekking tot uw verteringsstelsel?

Als u deelneemt aan dit experiment, bent u bereidt om...

... vanaf 29 september (tot en met 6 oktober) geen vitaminepillen te slikken?

... de dag voor deelneming (5 oktober) na 20:00 's avonds geen groente, fruit, noten en chocola te eten en geen thee en rode wijn te drinken?

... de dag voor deelneming (5 oktober) na 22:00 's avonds niks meer te eten of te drinken, behalve water?

... op de dag van deelneming (6 oktober) niks te eten en pas ná de eerste meting in de ochtend het verzorgde ontbijt bestaande uit witte bolletjes met vruchtenhagel en een vitamine C supplement te nuttigen?

... na het verzorgde ontbijt voor drie uur lang geen voedsmiddelen te nuttigen? (Dit mag weer na de tweede meting.)

... de lessen tijdens het 1ste + 4de lesuur of het 2de + 5de lesuur op 6 oktober deels of niet te volgen? (Tijdens deze lessen vinden de metingen plaats; dit duurt hoogstens 10 minuten. Er wordt ervoor gezorgd dat u voor deze lessen wordt afgemeld.)

Gegevens:

Wat is uw naam?

Wat is uw telefoonnummer?

Wat is uw leeftijd?

Wat is uw geslacht? (M/F/X)

Gebruikt u medicijnen? Zo ja, welke?

Slikt u vitamine supplementen? Zo ja, welke en hoe vaak?

Welk vak onder welke docent volgt u het 1ste lesuur op 6 oktober?

Welk vak onder welke docent volgt u het 2de lesuur op 6 oktober?

Welk vak onder welke docent volgt u het 4de lesuur op 6 oktober?

Welk vak onder welke docent volgt u het 5de lesuur op 6 oktober?

Heeft u nog enkele opmerkingen of vragen met betrekking tot deelname aan dit onderzoek?

Bedankt voor het invullen van de vragenlijst. Mocht u geselecteerd zijn als proefpersoon, ontvangt u een bericht ter bevestiging van uw deelname.

De invloed van Mozarts Sonata for 2 piano's in D, K448 op het concentratievermogen van Nederlandse vwo-leerlingen tussen de 14 en 17 jaar

J. Wu¹, I. Veenstra², T. van Wershoven³, E. Meijer³, S. ten Heggeler², L. Holsbeke³

¹Het stedelijk Lyceum, Kottenpark, Enschede

²OSG Het Erasmus, Almelo

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - This research tests the influence of Mozart's Sonata for 2 pianos in D, K448 on teenagers' ability to concentrate. The results are based on the tests of 77 Dutch high school students from 4 vwo and 5 vwo, aged from 14 to 17 years old. Each participant has taken two d2 tests of attention: one test with Mozart's music in the background and the other without this background music. Between the two tests, they had a waiting period of a week. The data were analyzed with Excel. Furthermore, their concentration level is determined by each test's error rate and concentration performance score. The results show that Mozart's music has positively influenced the concentration of these students: the average error rate is 1,06% lower and the average concentration performance score is 9,65% higher in the test with Mozart's music as the background music. Moreover, 55 out of 77 participants scored better than on the test without Mozart's music. This aligns with the view of the Mozart Effect, which says that listeners' IQ and spatial skills are temporarily enhanced after listening to Mozart's Sonata for 2 pianos in D, K448 for 15 minutes.

1. Introductie

Muziek speelt een belangrijke rol in het dagelijks leven: mensen luisteren vaak naar muziek tijdens werken, leren, etc. Veel onderzoekers geloven dat muziek positieve effecten heeft tijdens het leren (Kumar, 2016). In de onderzoeken hiernaar wordt Mozart muziek gebruikt, dit zou namelijk een stimulatie hebben op cognitieve vaardigheden (het Mozart effect) (Rauscher et al., 1993). Hierbij was er een onderzoek gedaan. Maar er waren gaten in de kennis, er waren namelijk dertig participanten. De groep is te klein om een betrouwbare en representatieve conclusie te trekken. Daarnaast waren er alleen maar vrouwen van 19 tot 24 jaar die deelnemen aan dat experiment (Limyati et al., 2019). Dit is dus niet representatief genoeg voor de bevolking.

In dit onderzoek wordt het verband tussen de muziek van Mozart en de concentratie van vwo-leerlingen tussen 14 en 17 jaar onderzocht, aan de hand van Mozarts muziekstuk Sonata for 2 piano's in D, K448. De verwachting is dat er een positief verband is tussen het luisteren naar het pianostuk van Mozart en het concentratievermogen van jongeren tussen de 14 en 17 jaar. Indien dit het geval is, zou dit verband er mogelijk voor kunnen dienen om jongeren efficiënter te laten studeren.

2. Theoretisch kader

2.1 Concentratie

Concentratie heeft te maken met cognitieve functies, waarbij informatie wordt verwerkt door ervaringen, gedachten en waarnemingen (Bayne et al., 2019). Concentratie is gerelateerd aan concepten als selectieve focus, inspanning en motivatie. Toch verschilt concentratie van al deze concepten. Het is namelijk niet dat die concepten tijdens een hoge concentratie per se zullen verschijnen (Sörqvist & Marsh, 2015).

Een onderzoek toont aan dat de concentratie vooral te maken heeft met taken waarbij mensen moeten focussen en de afleidingen die mensen moeten negeren tijdens het vervoeren van die taken (Lavie, 2010). Een ander onderzoek definieert "concentratie" als het vermogen om te focussen op de relevante informatie uit de omgeving en het vermogen om de aandacht

te blijven richten op iets relevants in de loop van een bepaalde tijd (Monsma et al., 2017).

Volgens Cambridge woordenboek betekent het woord "concentratie" het vermogen om te focussen op alleen één zaak wat men op dat moment aan het doen is. Verder worden afleidingen en andere zaken genegeerd. Uit deze bronnen kan geconcludeerd worden dat het concentratievermogen te maken heeft met het vermijden van afleidingen tijdens het focussen op een taak gedurende lange tijd.

In dit onderzoek wordt de volgende definitie van concentratie gehanteerd: het vermogen om afleidingen te negeren tijdens het zo nauwkeurig mogelijk maken van een taak gedurende een bepaalde periode.

2.2 Mozart's Sonata for 2 piano's in D, K448

Voor het eerste onderzoek naar het Mozart effect werd gebruikgemaakt van de muziek Mozarts Sonata for 2 piano's in D, K448 (Rasch & Born, 2013). Dit klassieke muziekstuk is gecomponeerd door Wolfgang Amadeus Mozart. Het bestaat uit drie delen, die ook wel de movements worden genoemd. In het originele onderzoek, dat het Mozart effect heeft aangetoond, wordt de eerste movement gebruikt (Pietschnig et al., 2010). Om dit onderzoek te repliceren hebben de meeste onderzoeken ook van dit stuk gebruik gemaakt.

Volgens onderzoekers zal Mozart K448 mentale functies en cognitieve vaardigheden tijdens het leren verbeteren. Er is namelijk bewezen dat Mozart K448 de samenwerking tussen de frontale kwab en de temporale kwab van het brein verbetert (Rideout & Laubach, 1996). De frontale kwab en temporale kwab spelen een belangrijke rol bij geheugen (Stretton & Thompson, 2012). De frontale kwab speelt een rol bij selectieve aandacht. Als de frontale kwab de aandacht niet goed kan beheren, zal dit leiden tot concentratieproblemen zoals bijvoorbeeld ADHD (Arnsten, 2009). Volgens een onderzoek reguleren bepaalde gebieden in de temporale kwab de concentratie (Stemann & Freiwald, 2019). Door deze kwabben te activeren tijdens het luisteren naar de muziek zal het concentratievermogen verhoogd zijn. Daarnaast

blijkt dat er een verhoging van bètagolven in hersengebieden plaatsvindt (Sarnthein et al., 1997). De bètagolven beïnvloeden de concentratie en het bewustzijn. Door een verhoging van bètagolven in het brein zal het concentratievermogen dus ook verhoogd zijn (Hendrayana et al., 2020). Zo komt het Mozart Effect tot stand in het brein.

2.2.1 Arousal-and-mood-hypothesis

Een mogelijke verklaring voor het Mozart effect kan gevonden worden in de “arousal-and-mood-hypothesis”. Deze hypothese stelt dat de muziek van Mozart een positief effect heeft op het humeur en gevoel van degene die getest wordt. Dit verbeterde humeur zorgt dan weer voor de tijdelijke verhoging van cognitieve vaardigheden.

Een onderzoek van W.F. Thompson et al. Heeft deze hypothese getest. Volgens W.F. Thompson et al. (Thompson et al., 2001) is er een verband tussen het gevoel wat de luisteraar krijgt bij het luisteren naar de muziek en hoeveel hun cognitieve vaardigheden zijn verhoogd. Om dit te testen hebben ze de cognitieve vaardigheden participanten van hun onderzoek individueel getest. Iedere participant heeft de test 2 keer gemaakt, een keer met muziek en een keer zonder. Tussen deze twee testen zat een hersteltijd van 2 weken. Elke participant heeft de test afgenomen met óf Albinoni's adagio, óf met Mozarts Sonata for 2 piano's in D major K. 448. Albinoni's adagio is een langzamer, emotioneler stuk, terwijl Mozarts Sonata een levendiger en blijer stuk is. De participanten hebben hun humeur en gevoel na het luisteren beoordeeld volgens onder andere de “subjective mood-arousal-rating”, waarbij ze op een schaal van 1 tot 7 hun gevoel beoordelen. Hierbij is 1 “verdrietig” en 7 “blij” Het resultaat van het onderzoek (Thompson et al., 2001) is dat de groep die naar de muziek van Albinoni, de “verdrietige” muziek, had geluisterd gemiddeld lager scoort op de cognitieve test. Dit is lager dan bij de test die in stilte is afgenomen. Ook lag de score van de “subjective mood-arousal-rating” dichterbij 1 (verdrietig). Bij de “vrolijke” muziek van Mozart lagen de gemiddelde scores van de cognitieve test en van de “subjective mood-arousal-rating” hoger. “Vrolijke” muziek zorgt dus voor een tijdelijke verbetering van cognitieve vaardigheden, terwijl “verdrietige” muziek zorgt voor verminderde cognitieve vaardigheden (Thompson et al., 2001).

2.3 Concentratietest

2.3.1 De D2-aandachts-en-concentratietest

De d2-test is een methode die het concentratievermogen over een korte periode meet. De test kan worden afgenomen bij mensen van 9 tot 80 jaar en wordt vooral gebruikt in Europa (Brickenkamp & Oosterveld, 2014). Daarnaast wordt d2-test veel gebruikt in verschillende medische en psychologische vakgebieden. De d2-test is valide voor het meten van verschillende vaardigheden rondom de concentratie zoals visuele scanning, nauwkeurigheid en snelheid (Bates & Lemay, 2004). Hierdoor past de d2-aandachtstest goed bij dit onderzoek.

Omdat de d2-test vanwege de hoge kosten ervan niet beschikbaar was, is een eigen versie van de test ontwikkeld voor dit onderzoek. Deze zelfgemaakte d2-test is gebaseerd op de originele d2-test. Een van de pagina's van deze zelfgemaakte test is te vinden als bijlage, figuur 1.

Bovendien is deze test ook gebaseerd op een andere d2-test (Alfares et al., 2022). Volgens dit onderzoek van Alfares et

al. (2022) zal de concentratie tijdens het maken van de test afnemen vanaf de zesde pagina. Om deze reden heeft de d2-test in dit onderzoek ook vijf pagina's met op elke pagina 6 regels met d's, p's en b's. Boven en onder deze letters kunnen nul tot twee streepjes staan. In totaal staan er maximaal vier streepjes om elke letter. De participanten worden gevraagd om elke d met in totaal twee streepjes om zich heen weg te strepen. Dit zijn de doelwitstimuli.

Daarnaast hebben de participanten 5 minuten en 30 seconden de tijd om de test te maken. Deze tijd wordt gekozen, omdat dit de gemiddelde tijd is van beide onderzoekers. Ook heeft het onderzoek van Alfares (2022) dezelfde tijd gebruikt.

2.3.2 De Bourdon-Vos Test

Het doel van de Bourdon-Vos test is het meten van de concentratie en het vermogen om de aandacht gedurende een langere periode vast te houden. De Bourdon-Vos test bestaat uit 33 regels met elk 24 stippelfiguren. Deze stippelfiguren bestaan uit 3, 4 of 5 stippen. De onderzochte moet zo snel mogelijk alle stippelfiguren met 4 stippen doorstrepen. De snelheid en nauwkeurigheid van de onderzochte worden gemeten en gebruikt om de uiteindelijke score te bepalen. De snelheid wordt gemeten aan de hand van de hoeveelheid stimuli die de onderzochte binnen de afnametijd heeft gepasseerd (IMMO, n.d.). Het aantal correct doorgestreepte doelwitstimuli, de stippelfiguren met 4 stippen, wordt gebruikt als maat voor de nauwkeurigheid. De Bourdon-Vos test kan worden afgenomen bij jongeren van 6 tot en met 17 jaar oud (Vos, 1988).

De Bourdon-Vos test is echter verouderd. De test is namelijk in 1988 uitgegeven. De d2-test is meer recent, want deze is in 2014 uitgegeven. Volgens een artikel uit het tijdschrift over gezondheidszorgpsychologie zijn er bezwaren tegen de Bourdon-Vos test uit de COTAN-beoordeling. COTAN staat voor de Commissie Testaangelegenheden Nederland waarbij de kwaliteit van testen voor psychologische gebieden beoordeeld wordt. Op de criterianormen en criteriumvaliditeit scoort de Bourdon-Vos test onvoldoende (Kaldenbach, 2015). Bij deze criterianormen wordt er rekening mee gehouden of de test verouderd is of niet. Bij de criteriumvaliditeit worden de resultaten en de kwaliteit beoordeeld door de test te onderzoeken (Evers et al., 2010). De COTAN-beoordeling voor de d2-test is niet beschikbaar in dit onderzoek vanwege de kosten voor toegang tot de beoordeling. Echter, er is een onderzoek gedaan naar de validiteit en nauwkeurigheid van de d2-aandachts-en-concentratietest. In dit onderzoek worden zes verschillende beoordelingssystemen gebruikt. Hieruit blijkt dat de d2-test zowel geldig als nauwkeurig is (Baghaei et al., 2019). Om deze reden wordt de d2-test in dit onderzoek gebruikt als het meetinstrument.

3. Materiaal en Methode

3.1 Enquête

Voor het afnemen van de test wordt de leeftijd en het geslacht gevraagd om te garanderen dat de doelgroep van dit onderzoek bereikt wordt. Daarnaast kan het invloed hebben op de betrouwbaarheid van het onderzoek als de deelnemer concentratieproblemen heeft, of als die medicatie gebruikt die invloed kan hebben op de concentratie. De deelnemers met concentratieproblemen zullen dan namelijk waarschijnlijk lager scoren dan de deelnemers die geen concentratieproblemen hebben, wat voor een scheef beeld van de resultaten zorgt. Deze factoren kunnen dus invloed

hebben op de betrouwbaarheid van het onderzoek. Om deze reden is dus ook naar concentratieproblemen en medicatie die invloed zou kunnen hebben op de concentratie gevraagd. De deelnemers zijn niet verplicht om de vragen hierover te beantwoorden.

Verder wordt naar de uitgerustheid van de participanten gevraagd. Zij beoordelen deze op een schaal van 1 tot 10, waarbij 1 staat voor een slechte uitgerustheid en 10 voor een goede uitgerustheid. Een goede uitgerustheid beïnvloedt positief de concentratie van de participant (Jiang et al., 2011). Als laatste wordt er gevraagd of de participanten naar muziek luisteren tijdens het voeren van bepaalde taken. Als de participanten niet naar muziek luisteren tijdens het voeren van die taken, kan de muziek voor hen een afleiding zijn. Ook wordt er gevraagd wat voor soort muziek ze luisteren. Als ze bijvoorbeeld altijd naar genres als heavy metal luisteren, is klassieke muziek waarschijnlijk niet passend bij deze groep (Adams & McNair, 2018). De reden hiervoor is dat er verschillende soorten luisterstijlen zijn. Deze stijlen zijn soms kenmerkend voor een bepaald genre muziek. Deze luisterstijlen zijn: associatief, cognitief, fysiek, betrokkenheid en plezier. Een associatieve luisterstijl spoort de luisteraar aan om hun aandacht op de muziek te focussen, terwijl een betrokken luisterstijl juist meer ervoor zorgt dat de luisteraar hun aandacht op een andere taak focust, waardoor de muziek meer passief geluisterd wordt (Adams & McNair, 2018). Hierbij wordt uitgegaan van het zogenaamde “Attention Drainage Effect”. Dit houdt in dat een individu maar een gelimiteerde hoeveelheid aandacht en concentratie heeft op een bepaald moment, en dat deze aandacht wordt verdeeld over alle taken waar het individu op dat moment mee bezig is (Egeth & Kahneman, 1975).

Tijdens de eerste test vullen de participanten de eerste enquête (Bijlage, figuur 2) en tijdens de tweede test vullen de participanten de tweede enquête (Bijlage, figuur 3) waarbij alleen het geslacht en de uitgerustheid gevraagd worden.

3.2 Uitvoeren van het onderzoek

De doelgroepgrootte van dit onderzoek is 50 tot 150 participanten, omdat met een grote aantal participanten het afnemen van de testen betrouwbaarder is. De uitkomsten van het onderzoek zal dan immers meer representatief zijn voor de gehele samenleving. De uiteindelijke groepsgrootte van dit onderzoek was 97 participanten. De doelgroep is vwo-scholieren van tussen de 14 en 17 jaar.

De test wordt per deelnemer twee keer afgenomen. Voor het afnemen van de eerste test vullen de deelnemers de vragenlijst in. De deelnemers zijn per afname van de test ingedeeld in twee groepen van 15 tot 35 personen. Een van de twee groepen doet de eerste keer de test zonder Mozart muziek op de achtergrond en de tweede keer met deze muziek. De andere groep doet dit andersom. De groepen veranderen niet van samenstelling. De groep die de test met muziek maakt, luistert van tevoren, vlak voor het maken van de test, naar de Mozart muziek waar ze ook tijdens de test naar zullen luisteren. Op deze manier is namelijk ook het Mozart Effect getest (Rauscher et al., 1993), en later gereproduceerd. De deelnemers hebben 5 minuten en 30 seconden de tijd om de test zo volledig mogelijk te maken. Wanneer de test met Mozarts Sonata op de achtergrond wordt afgenomen, begint de muziek vijf minuten voor het afnemen van de test. In deze tijd vullen de deelnemers de enquête in. Tussen het afnemen van de twee testen zit een hersteltijd

van één week. Om te voorkomen dat de participanten de antwoorden van de eerste test zullen herinneren, wordt de volgorde van de zelfgemaakte d2-test veranderd.

De test en de enquête worden compleet anoniem gemaakt. De participanten worden ook niet geforceerd om de medische achtergrond in te vullen. Om te zorgen dat het anoniem blijft voor iedereen, worden aan de vakdocenten gevraagd om klassenplattegronden met en zonder namen te maken. De plattegrond met namen is voor de leerlingen, waardoor leerlingen weten waar ze moeten zitten bij beide testen. De plattegrond zonder namen is voor de onderzoekers, waardoor de plaatsen van leerlingen genummerd worden. Zo blijven de deelname en de resultaten van de participanten volledig anoniem.

In het geval dat een deelnemer maar bij één van de twee sessies aanwezig kan zijn, wordt zijn of haar test als ongeldig verklaard en niet meegenomen in de resultaten. Wanneer deze wél meegenomen zou worden, beïnvloedt het resultaat van de deelnemer maar één van de twee gemiddelden, waardoor het gemiddelde naar een bepaalde kant toe zou kunnen schommelen. Daarnaast zou er geen vergelijking kunnen worden gemaakt tussen de resultaten van de twee experimenten van de participant, aangezien deze maar bij één van de twee aanwezig zou zijn geweest.

Een verband tussen het concentratievermogen en het Mozart effect wordt onderzocht door de testscores van de groepen met en zonder muziek te vergelijken. Zo kan een mogelijk verschil worden vastgesteld. Ook worden de gemiddelden van alle testscores vergeleken om een mogelijk verschil op grotere schaal vast te stellen.

3.4. Data-analyse

Er zijn in totaal drie schalen voor de bepaling van concentratie bij de d2-test: de concentratie-prestatie (CP), de verwerkingssnelheid (VS) en het foutenpercentage (F%).

De concentratie-prestatie is het aantal goed omcirkelde doelwitstimuli minus de som van het aantal fout gemarkeerde tekens (commissiefouten) en het aantal overgeslagen doelwitstimuli (omissiefouten). In dit onderzoek wordt er niet gekeken naar van welke soort fout er sprake is, omdat dit niet van belang is voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag. $F = \text{omissiefouten} + \text{commissiefouten}$

$CP = VS - F$

De verwerkingssnelheid (VS) wordt getoetst door te kijken naar de hoeveelheid doelwitstimuli die de participant binnen de tijd langs heeft gelopen. Ook de doelwitstimuli die niet zijn weggestreep worden hierbij meegeteld.

Het foutenpercentage (F%) is het totaal aantal fouten delen door het totaal aantal gemaakte doelwitstimuli (VS).

$F\% = (F/VS) \times 100\%$

Om een mogelijk effect van de muziek vast te stellen worden naast de foutenpercentages ook de concentratie-prestatiescores van de deelnemers vergeleken. Daarnaast worden ook de gemiddelden van het aantal gemaakte fouten, het aantal gepasseerde doelwitstimuli, de concentratie-prestatie en het foutenpercentage vergeleken.

4. Resultaten

4.1 Resultaten van het experiment

De groepsgrootte van de uiteindelijke testgroep was 97 leerlingen. Van alle resultaten van de testgroep worden 77 testen als geldig beschouwd. Twintig testen worden dus als

ongeldig beschouwd. Dertien leerlingen hiervan waren tijdens één of beide van de testen afwezig en twee leerlingen vielen buiten de doelgroep. Daarnaast hebben twee leerlingen de test waarschijnlijk niet serieus gemaakt. Een van de twee leerlingen had bijvoorbeeld verschillende letters aangekruist, dus ook de letters die niet de doelwitstimuli zijn. Ook had die participant alleen een paar regels ingevuld. Een andere leerling vulde alleen de eerste regel en verder had die dus niets ingevuld. Tijdens de uitvoering van het experiment werd er waargenomen dat een leerling met zijn pen ging spelen in plaats van de test maken. Uit deze waarnemingen wordt er geconcludeerd dat deze participanten niet serieus gingen meedoen. Daardoor tellen hun resultaten ook niet mee. Bovendien hadden drie leerlingen de opdracht verkeerd uitgevoerd. Een van hen had bijvoorbeeld de p's met twee streepjes aangekruist in plaats van d's met twee streepjes.

In Bijlage, figuur 4 worden de foutenpercentages van de participanten vergeleken. Hier is al plaatselijk een verschil vast te stellen tussen de twee testafnames. 49 van de 77 leerlingen hebben een lager foutenpercentage met Mozart muziek. Daarnaast is het gemiddelde foutenpercentage bij de test met Mozart muziek 1,06% lager (Bijlage, figuur 5). Bij de test met muziek is het foutenpercentage 5,74% en bij de test zonder muziek is het foutenpercentage 6,77%.

Bovendien hebben 55 van de 77 participanten een hogere concentratie-prestatiescore bij de test met Mozart muziek dan zonder muziek (Bijlage, figuur 6). Ook is de gemiddelde concentratie-prestatiescore van de test met muziek 9,65% hoger dan de test zonder muziek. De gemiddelde concentratie-prestatiescore van de test zonder muziek is 93,18 en de score van de test met muziek is 102,17 (Bijlage, figuur 7).

4.2 Statistische toets

Er blijkt uit de resultaten dat het concentratievermogen met de Mozart muziek verbeterd wordt. Om te testen of er een correlatie tussen de resultaten is, wordt een hypothesetoets gedaan. Hierbij wordt gebruikgemaakt van nulhypothese (H_0) en alternatieve hypothese (H_1). H_0 is wanneer Mozart's Sonata for 2 piano's in D, K448 geen invloed heeft op het concentratievermogen van Nederlandse Vwo-leerlingen tussen 14 en 17 jaar. H_1 is wanneer Mozart's Sonata for 2 piano's in D, K448 wel invloed heeft op het concentratievermogen van Nederlandse vwo-leerlingen tussen 14 en 17 jaar. Met behulp van een t-test is nagegaan wat de p-waarde van dit onderzoek is. In dit onderzoek wordt het significantieniveau (α) gesteld op 0,05. Met behulp van Excel wordt de p-waarde berekend en hierbij is de $p = 0,0000104...$ Aangezien de p-waarde kleiner is dan α , betekent dat deze resultaten statistisch significant zijn. Hiermee wordt bevestigd dat de waarschijnlijkheid van het onderzoek groot is en het toeval is klein. Daarom wordt de alternatieve hypothese, H_1 , aangenomen.

Daarnaast is de benodigde groepsgrootte om het resultaat representatief te laten zijn voor de hele samenleving uitgerekend met behulp van de volgende formule:

$$\text{Sample size} = \frac{2 \times \left(Z_{(1-\frac{\alpha}{2})} + Z_{\beta} \right)^2 \times \sigma^2}{\Delta^2}$$

Voor het significantielevel α wordt net als bij de t-test weer een waarde van 5% genomen, wat zorgt voor een $Z_{(1-\alpha/2)}$ -waarde van 1,96. β geeft de waarschijnlijkheid van het vinden van een statistisch significant resultaat weer. Voor de waarde

van β is 80% genomen waardoor de Z_{β} -waarde 0,84 wordt. De standaarddeviatie (σ) van de resultaten was 12,8. Deze is berekend aan de hand van de volgende formule:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$(X - \bar{x})$ is elke waarde, in dit geval elke gemeten concentratiescore, waar het gemiddelde van alle concentratiescores vanaf is gehaald. n is de hoeveelheid concentratiescores die gemeten zijn, namelijk 152. Zo is de standaarddeviatie 12,8.

Voor Δ , het minimale effect wat de veranderde omstandigheden moet hebben om significant verklaard te worden, is 50% genomen. Dit resulteert in een benodigde groepsgrootte van 10277 mensen om het resultaat representatief te laten zijn voor de gehele samenleving.

5. Conclusie

Uit de resultaten blijkt dat de muziek Mozart's Sonata for 2 piano's in D, K448 een significant positief effect heeft op het concentratievermogen van vwo-leerlingen tussen de 14 en 17 jaar. De gemiddelde concentratie-prestatiescore is 9,65% gestegen en het gemiddelde foutenpercentage is 1,06% lager bij de test met Mozart muziek dan bij de test zonder Mozart muziek. Bovendien blijkt dat het verschil significant is uit de gepaarde statische toets. Hierdoor is de hypothese van het onderzoek ook aangenomen.

6. Discussie

In dit onderzoek wordt een nieuw ontwikkelde test gebruikt in plaats van de al bestaande d2-aandachts- en -concentratietest. Echter wordt deze zelf-ontwikkelde d2-test niet beoordeeld door COTAN. Dit kan uiteindelijk invloed hebben gehad op de resultaten van de metingen, aangezien deze test niet al bekend is als valide of niet. Echter, omdat zowel het principe als het uiterlijk van de zelf-ontwikkelde test gebaseerd is op de d2-aandachts- en -concentratietest, wordt de zelf-ontwikkelde test als valide beschouwd door de onderzoekers. Voor vervolgonderzoek naar het effect van muziek op de concentratie van jongeren zou de al bestaande d2-test gebruikt kunnen worden, of er zou gebruik gemaakt kunnen worden van de Bourdon-Vos test. Deze tests zijn beiden bekende valide testen, met als grootste verschil dat de Bourdon-Vos test voor geldig is voor jongeren van 6 tot 17 jaar oud en de d2-test gebruikt kan worden bij mensen van 9 tot 80 jaar oud.

Het is mogelijk dat een deel van de deelnemers niet heeft aangegeven dat ze concentratieproblemen hebben, terwijl dat wel het geval is. Dit heeft invloed op de betrouwbaarheid en validiteit van het onderzoek, omdat dit mogelijk de resultaten van de test beïnvloed kan hebben. Het is ook mogelijk dat een deel van de participanten een van de twee keer of beide keren niet zo serieus mee heeft gewerkt aan het onderzoek. Dit heeft een negatieve invloed op de betrouwbaarheid van het onderzoek, aangezien hun scores dan niet oprecht zijn, maar wel worden meegeteld, omdat het niet altijd aan te tonen is of de participanten serieus hebben meegedaan.

Daarnaast geven de participanten zelf een score bij de uitgerustheid die in de enquête staat. Maar de interpretatie van het woord "uitgerustheid" is bij elk individu anders. De antwoorden daarvan zullen dan ook relatief onbetrouwbaar zijn. Ook is de beoordeling van de uitgerustheid zeer subjectief,

en is dit zo dus nog minder betrouwbaar.

Ook nemen niet alle Nederlandse vwo-leerlingen tussen de 14 en 17 jaar deel aan dit onderzoek. Daardoor zijn de resultaten niet zo representatief voor iedereen van Nederland tussen die leeftijd. Voor een vervolgonderzoek naar het verband tussen concentratie en muziek zou een grotere groep jongeren kunnen worden getest. Slechts 77 jongeren van 2 scholen deden mee aan dit onderzoek, waardoor de resultaten ook mogelijk plaatsgebonden kunnen zijn. Om een representatief resultaat en effect te weergeven zou de groepsgrootte van dit onderzoek uit 10227 jongeren moeten bestaan. Echter bestaat deze maar uit 77 jongeren. Hierdoor is het onderzoek niet representatief voor de gehele samenleving. Echter is het aangetoonde effect van de muziek op de concentratie wel significant. Nader onderzoek zou kunnen worden gedaan met een grotere testgroep om een representatief beeld te vormen.

Er zijn ook bepaalde factoren die mogelijk invloed hebben op de betrouwbaarheid. Het geluidsvolume per apparaat is anders, daardoor zal het volume van de muziek in de verschillende klaslokalen verschillend geweest zijn. Als het volume te zacht staat, zal het geen of weinig invloed hebben op de testresultaten, aangezien dat de muziek dan niet goed te horen is en het Mozart effect dus ook niet zal kunnen plaatsvinden. Als het volume te hoog staat, wordt de concentratie van participanten negatief beïnvloed. Bij een hoog volume, bijvoorbeeld boven de 85 decibels, zullen mensen rusteloosheid en vermoeidheid ervaren (Melamed & Bruhis, 1996). Hierdoor hebben mensen slechtere concentratie wanneer ze in een ruimte met hoog geluidsvolume zitten.

Tijdens het uitvoeren van het experiment zijn er ook bepaalde dingen misgegaan, die invloed hebben op de validiteit van dit onderzoek. Bij één van de klassen waren er problemen met het casten op de tv vanuit de Chromebook, waardoor er een onderbreking was tijdens het beluisteren van de muziek. Het scherm met muziek wisselde naar het startscherm met Netflix. Hierdoor moest de Chromebook opnieuw casten, wat ongeveer één of twee minuten heeft gekost. Dit kan invloed hebben op het concentratievermogen en het Mozart effect. Door de onderbreking raken immers de participanten hun aandacht even kwijt. Ze kunnen daardoor de rest van de test slechter maken dan wanneer er geen onderbreking is. Tijdens het uitvoeren van het experiment bij een andere klas was er lawaai vanuit het lokaal ernaast. Daarnaast deed de speaker van het scherm wat aanwezig was in het klaslokaal het niet, waardoor de muziek vanaf de laptop werd afgespeeld en het volume ervan dus zachter was. Dit kan ook de concentratie van de participanten beïnvloeden, en daarmee de resultaten van de test. Bij vervolgonderzoek zou er meer rekening gehouden kunnen worden met deze factoren.

Tot slot is het mogelijk dat het Mozart Effect, wat de aanleiding is voor dit onderzoek, geen connectie heeft met Mozarts muziek in bijzonder. Volgens de "arousal-and-mood-hypothesis" dient de muziek als een stimulus die het humeur van de participant beïnvloed en daarmee de cognitieve functies (Thompson et al., 2001). Dan heeft alsnog de muziek van Mozart wel invloed op de cognitieve functies, maar er is nader onderzoek mogelijk voor de invloed van verschillende soorten muziek.

Met de kennis dat Mozarts Sonata for 2 piano's in D major, K448 een significant effect heeft op de concentratie van jongeren, kunnen deze jongeren efficiënter hun concentratie inzetten tijdens bijvoorbeeld het leren. Echter is ook te zien in de resultaten van het onderzoek dat niet iedereen een positief

effect ervaart door de muziek, sommige jongeren ervaren zelfs een negatief effect op hun concentratievermogen wanneer de muziek op de achtergrond aan staat. Het effect van de muziek zal dus per persoon verschillen, waardoor de nuttigheid ervan ook per persoon verschilt. Al met al zal de muziek door de meerderheid van de jongeren gebruikt kunnen worden om zich efficiënter te concentreren, maar niet voor alle jongeren.

7. Bibliografie

Kumar, N. (2016). The effect of listening to music on concentration and academic performance of the student: Cross-sectional study on medical undergraduate students Cadaveric study View project Mesenchymal stromal cells View project. In Article in Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. <https://www.researchgate.net/publication/311435289>

Rauscher, F. H., Shaw, G. L., & Ky, K. N. (1993). Music and Spatial Task Performance. *Nature*, 365, 611.

Limyati, Y., Wahyudianingsih, R., Maharani, R. D., & Christabella, M. T. (2019). Mozart's Sonata for Two Pianos K448 in D-Major 2nd Movement Improves Short-Term Memory and Concentration. *Journal of Medicine and Health*, 2(4). <https://doi.org/10.28932/jmh.v2i4.1127>

Bayne, T., Brainard, D., Byrne, R. W., Chittka, L., Clayton, N., Heyes, C., Mather, J., Ölveczky, B., Shadlen, M., Suddendorf, T., & Webb, B. (2019). What is cognition? In *Current Biology* (Vol. 29, Issue 13, pp. R608–R615). Cell Press. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.05.044>

Sörqvist, P., & Marsh, J. E. (2015). How Concentration Shields Against Distraction. *Current Directions in Psychological Science*, 24(4), 267–272. <https://doi.org/10.1177/0963721415577356>

Lavie, N. (2010a). Attention, Distraction, and Cognitive Control Under Load. *Current Directions in Psychological Science*, 19(3), 143–148. <https://doi.org/10.1177/0963721410370295>

Monsma, E., Perreault, M., & Doan, R. (2017). Focus! Keys to Developing Concentration Skills in Open-skill Sports. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 88(7), 51–55. <https://doi.org/10.1080/07303084.2017.1340207>

Rasch, B., & Born, J. (2013). About Sleep's Role in Memory. *Physiological Reviews*, 93(2), 681–766. <https://doi.org/10.1152/physrev.00032.2012>

Pietschnig, J., Voracek, M., & Formann, A. K. (2010). Mozart effect–Shmozart effect: A meta-analysis. *Intelligence*, 38(3), 314–323. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2010.03.001>

Rideout, B. E., & Laubach, C. M. (1996). EEG Correlates of Enhanced Spatial Performance following Exposure to Music. *Perceptual and Motor Skills*, 82(2), 427–432. <https://doi.org/10.2466/pms.1996.82.2.427>

Stretton, J., & Thompson, P. J. (2012). Frontal lobe function in temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Research*, 98(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.eplepsyres.2011.10.009>

Arnsten, A. F. T. (2009). ADHD and the Prefrontal Cortex. *The Journal of Pediatrics*, 154(5), I-S43. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.01.018>

Stemann, H., & Freiwald, W. A. (2019). Evidence for an attentional priority map in inferotemporal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(47), 23797–23805. <https://doi.org/10.1073/pnas.1821866116>

Sarnthein, J., vonStein, A., Rappelsberger, P., Petsche,

H., Rauscher, F., & Shaw, G. (1997). Persistent patterns of brain activity: An EEG coherence study of the positive effect of music on spatial-temporal reasoning. *Neurological Research*, 19(2), 107–116. <https://doi.org/10.1080/01616412.1997.11740782>

Hendrayana, Y., Negara, J. D. K., Nuryadi, N., Gumilar, A., & Lesyiana, M. (2020). The Impact of Beta Brain Waves in Improving Cognitive Function through Brain Jogging Applications. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 8(6A), 73–77. <https://doi.org/10.13189/saj.2020.080713>

Thompson, W. F., Schellenberg, E. G., & Husain, G. (2001). Arousal, Mood, and The Mozart Effect. *Psychological Science*, 12(3), 248–251. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00345>

Brickenkamp, R., & Oosterveld, P. (2014). d2 Aandachts- en concentratietest Handleiding. In Hogrefe. Hogrefe Uitgevers.

Bates, M. E., & Lemay, E. P. (2004). The d2 Test of Attention: Construct validity and extensions in scoring techniques. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10(03). <https://doi.org/10.1017/S135561770410307X>

Alfares, M., Bijleveld, H., Sanders, J., Ekkelkamp, I., Niemeijer, M., Lemstra, H., Habraken, J., & Evers, M. (2022). De invloed van computerlicht op het concentratievermogen bij VWO-leerlingen van 16 tot en met 18 jaar. *HONOURS*, 3, 53–60.

Instituut voor Mensenrechten en Medisch Onderzoek.
(n.d.). Handleiding voor de tests: De

Bourdon-Wiersma Test, De Harvard Trauma Questionnaire, De Brief Symptom Inventory, De Raven's Coloured Progressive Matrices. Instituut voor Mensenrechten en Medisch Onderzoek.

Vos, P. G. (1988). Bourdon Vos Test.

Kaldenbach, Y. (2015). Het meten van volgehouden selectieve aandacht bij kinderen en jongeren. *GZ-Psychologie*, 7(7). [https://www.apollopraktijk.nl/Publicaties_bestanden/Betrouwbaarheid%20Bourdon-Vos%20\(Kaldenbach,%202015\).pdf](https://www.apollopraktijk.nl/Publicaties_bestanden/Betrouwbaarheid%20Bourdon-Vos%20(Kaldenbach,%202015).pdf)

Evers, A., Lucassen, W., Meijer, R., & Sijtsma, K. (2010). COTAN beoordelingssysteem voor de kwaliteit van tests. Nederlands Instituut van Psychologen.

Baghaei, P., Ravand, H., & Nadri, M. (2019). Is the d2 Test of Attention Rasch Scalable? Analysis With the Rasch Poisson Counts Model. *Perceptual and Motor Skills*, 126(1), 70–86. <https://doi.org/10.1177/0031512518812183>

Jiang, F., Vandyke, R. D., Zhang, J., Li, F., Gozal, D., & Shen, X. (2011). Effect of chronic sleep restriction on sleepiness and working memory in adolescents and young adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 33(8), 892–900. <https://doi.org/10.1080/13803395.2011.570252>

Adams, O., & McNair, M. (2018). Noise and Neurons: Effects of Background Music on Reading Comprehension. 142–152. <https://doi.org/10.25101/18.36>

Egeth, H., & Kahneman, D. (1975). Attention and Effort. *The American Journal of Psychology*, 88(2), 339. <https://doi.org/10.2307/1421603>

Melamed, S., & Bruhis, S. (1996). The Effects of Chronic Industrial Noise Exposure on Urinary Cortisol, Fatigue, and Irritability. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 38(3), 252–256. <https://doi.org/10.1097/00043764-1996030000000252>

199603000-00009

1

|| || | || || | || || |

b d d p b p p d p b b d p b b d p d b b

| || | || | || | | || || | ||

2

|| || || | || || || || || || | ||

d p p d d b b d p d b d p d d b p p d d p

| | || || || || || || | |

3

| || || || | || || | || || | | ||

d p d b p d d p d d b d p d p d d b d b

| || | || || | || | || || ||

4

|| | || | || || | || || || | |

b d p b d d p b d p d d p b p b p d d p

|| || | || || | | || || || ||

5

|| || | | || || || || | || ||

b b d p b b d p p d p d b b d p p d b

| || | | || | | | || || ||

6

|| | || | || || || || | || || ||

d b p b d p p d p b p d p d p d p d p b

|| || || || || || || || || ||

Figuur 1, eerste pagina van de gebruikte d2 aandachts- en concentratietest.

We willen je vragen deze enquête zorgvuldig in te vullen. Vragen waar bij staat dat ze niet verplicht (*) zijn, hoef je niet in te vullen als je je daar niet comfortabel bij voelt.

Hoe oud ben je?*

- ☐ Minder dan 14 jaar
- ☐ 14 jaar
- ☐ 15 jaar
- ☐ 16 jaar
- ☐ 17 jaar
- ☐ Meer dan 17 jaar

Gebruik je medicatie die invloed hebben op de concentratie (let op: NIET verplicht!)

- ☐ Ja
- ☐ Nee
- ☐ Zeg ik liever niet

Heb je last van concentratieproblemen (zoals bijv. ADHD)? (let op: NIET verplicht!)

- ☐ Ja
- ☐ Nee
- ☐ Zeg ik liever niet

Hoe uitgerust ben je vandaag? Omcirkel wat van toepassing is.*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Hoeveel luister je naar muziek tijdens activiteiten waarvoor je je moet concentreren (bijv. tijdens het maken van huiswerk)? Zo ja, wat voor muziek (vul in bij "Anders")? Let op: meerkeuze. Vul zowel de soort muziek in als hoeveel je ernaar luistert *

- (Bijna) altijd
- Vaak
- Soms
- Niet zo vaak
- (Bijna) nooit
- Anders, namelijk:

Figuur 2, de enquête voor de eerste test.

We willen je vragen deze enquête zorgvuldig in te vullen. Vragen waar bij staat dat ze niet verplicht (*) zijn, hoef je niet in te vullen als je je daar niet comfortabel bij voelt.

Wat is je geslacht? *

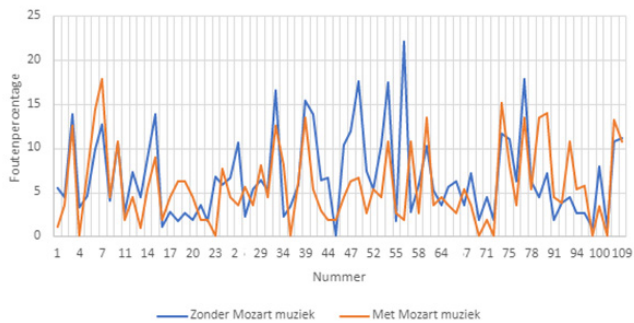
- ☐ Vrouw
- ☐ Man
- ☐ Non-binair
- ☐ Zeg ik liever niet
- ☐ Anders, namelijk: _____

Hoe uitgerust ben je vandaag? Omcirkel wat van toepassing is. *

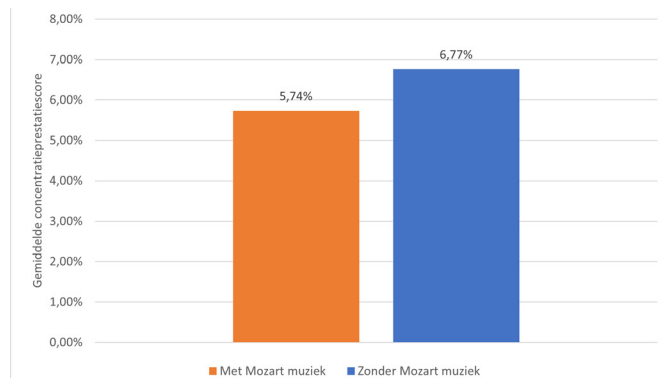
Zeer slecht uitgerust Heel goed uitgerust

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

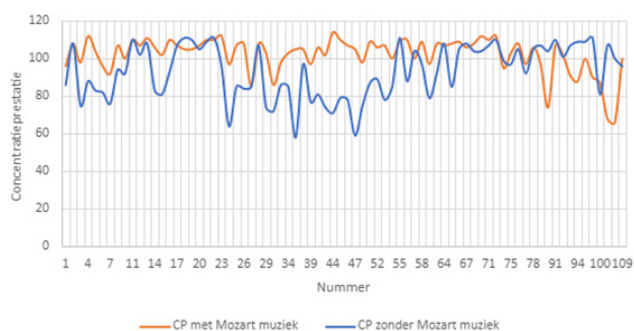
Figuur 3, de enquête voor de tweede test.



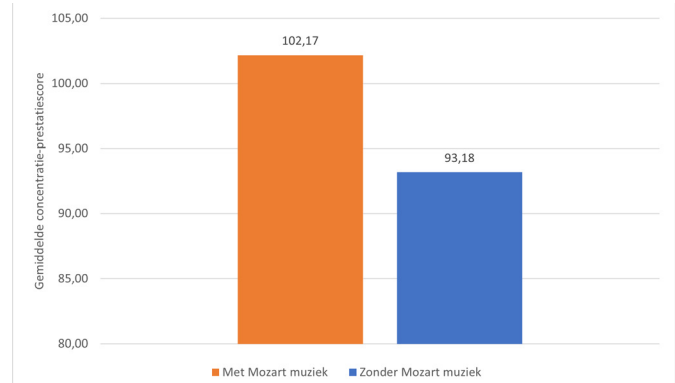
Figuur 4, vergelijking van de individuele foutenpercentages per participant.



Figuur 5, vergelijking van het gemiddelde foutenpercentage.



Figuur 6, vergelijking van de individuele concentratieprestatiescore per participant.



Figuur 7, vergelijking van het gemiddelde concentratieprestatiescore.

Een analyse van het gebruik van het zonne-energieoverschot om ‘groene’ waterstof te produceren als grondstof voor de Nederlandse industrie, over 2021.

J.W. Aendekerk¹, L. Gebbink², I.A.A. Ekkelkamp³, E. M. Meijer³, P. van der Vegt¹, L.H.M. Stokkers², L. Holsbeeke³

¹Het Stedelijk Lyceum, Kottenpark, Enschede

²Scholengemeenschap Marianum, Groenlo

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - This paper examines the use of solar energy excesses to produce sustainable hydrogen to replace ‘grey’ hydrogen made with Steam Methane Reforming (SMR) as a raw material. ‘Grey’ hydrogen, which releases CO₂ and uses fossil fuels as raw material, makes up over 99% of the Dutch hydrogen production. Less than 1% of Dutch hydrogen is produced sustainably, via electrolysis, the splitting of water into oxygen and hydrogen by means of electrical energy. According to our calculations, 69,2% of the total annual amount of solar energy in the Netherlands is part of the solar energy excess, generated at a time when there is no demand for it. By using this solar energy excess to produce sustainable hydrogen, emission of CO₂ is avoided, and the relatively rare sustainable energy is put to good use. By doing this, not the entire, but a part of the Dutch hydrogen production could become sustainable. With a calculated solar energy excess of $7,92 \cdot 10^6$ MWh in 2021, and the standard heat of formation of water, at an efficiency of 75%, the number of moles of H₂ formed is calculated. This, after converting to other units, showed that it is possible to produce $1,51 \cdot 10^8$ kg of H₂. Thus, 12% of the Dutch annual demand for hydrogen (in PJ) in the Netherlands could be produced with the entire annual solar energy excess, a significant increase in the production of sustainable hydrogen.

1. Introductie

Nederland verspilt duurzame energie. In Nederland was er tussen 1 januari 2022 en 18 augustus 2022 een excès van 1,705 TWh aan zonne- en windenergie (Breukelman, 2022). Ter vergelijking, met zo’n hoeveelheid energie zou je 624.542 gemiddelde Nederlandse huishoudens (Gemiddeld energieverbruik in Nederlandse huizen | Vattenfall, z.d.) een jaar lang van stroom kunnen voorzien. Dit excès ontstaat door een onbalans van het aanbod en de vraag van energie. Vaak wordt deze stroom niet in het net toegelaten, of wordt aan bedrijven gevraagd om de productie en dus het energieverbruik op te schalen (Reijnen, 2022). Dit om overspanning van het net te voorkomen, dat mogelijk stroomuitval veroorzaakt (Lageweg, 2022).

Hierdoor ging in 2021 69,2% van de door zonne-energie opgewekte energie verloren, volgens de gegeven dataset van EnAppSys (EnAppSys - Decision support for energy markets, 2023), en de daarbij gevormde formule. Slechts 11,1% van het totale energieverbruik in Nederland is duurzame energie (Linders et al., 2021), waarvan zo’n 60% geproduceerd is door de verbranding van biomassa (CBS, 2020). Zonne-energie is maar 14% van het totaal aan duurzame energie (Linders et al., 2021). Dit percentage zou kunnen worden verhoogd door het overschot nuttig te gebruiken.

Deze excessen ontstaan doordat de zon een fluctuerende aanvoer van licht biedt; deze is dag- en seizoenscyclisch (Opbrengst zonnepanelen: wat is de invloed van het weer?, z.d.). Er zijn twee methodes om dit op te lossen: Of, de overtollige energie wordt opgeslagen voor later gebruik, of, de energie wordt gebruikt voor duurzame grondstofproductie. Energieopslag is zeer moeilijk, zeker op lange termijn en op grote schaal. Vele van de mogelijke methodes zijn duur, of niet realistisch binnen 10 jaar. Dit blijkt uit het vooronderzoek van dit paper (Edem N’Tsoukpoe et al., 2009). Er is echter een bestaande manier om deze energie toch nuttig te gebruiken,

namelijk door waterstof te produceren als grondstof voor de Nederlandse industrie. Hiervoor is bestaande infrastructuur en zijn er productiecentrales (Hynetwork Services, 2022).

Waterstof wordt in vele producten gebruikt en heeft een hoge energiedichtheid: tot wel 120 MJ/kg (15 dingen die je moet weten over waterstof, TNO, z.d.). Ook groeit de vraag naar waterstof als grondstof, omdat het zeer veelzijdig is, en als duurzaam alternatief kan dienen. Waterstof wordt voor allerlei scheikundige processen gebruikt: de raffinage van fossiele brandstoffen, productie van o.a. ammoniak en zoutzuur, in chemische analyse, als energiedrager in brandstofcellen, en als duurzaam reductiemiddel in de staalindustrie, i.p.v. steenkool (Brown, 2019), (De Ingenieur, 2019).

Naar aanleiding van het klimaatakkoord in 2018 is door een cross-sectorale werkgroep ‘Waterstof’ een inschatting gemaakt naar de vraag en aanbod van waterstof in 2030 en 2050 (Gasunie, 2019). Hieruit is gekomen dat in drie verschillende scenario’s de vraag in Nederland respectievelijk 200 PJ, 290 PJ of 430 PJ zal zijn in 2030. In alle scenario’s zal de vraag naar waterstof toenemen. De vraag naar waterstof was in 2019 175 PJ, waarvan 163 PJ als grondstof. In Nederland wordt jaarlijks 180 PJ waterstof geproduceerd, inclusief (moeilijk verkrijgbare) waterstof in bijproducten (Weena & Segers, 2020). Er wordt jaarlijks 155 PJ aan pure waterstof en makkelijk verkrijgbare waterstof in bijproducten geproduceerd (Weena & Segers, 2020).

Voor de Nederlandse industrie is waterstof van belang. Er wordt zo’n 10 miljard m³ per jaar geproduceerd in Nederland (Milieu Centraal, z.d.). Veel van de nu gebruikte waterstof, wel 99% (Wat is waterstof? Dit moet je weten, z.d.), is niet duurzaam, maar gemaakt van fossiele brandstoffen. Dit heet ook wel ‘grijze’ waterstof, veelal gemaakt met behulp van Steam Methane Reforming (SMR) (Longread Waterstof - Wat is waterstof?, z.d.), een techniek om uit koolwaterstoffen waterstof te verkrijgen met hete stoom (Hydrogen Production:

Natural Gas Reforming, z.d.) (fig. 1) (Milieu Centraal, z.d.). Milieuvriendelijk is dit niet, waterstofproductie is verantwoordelijk voor zo'n 8% van de jaarlijkse CO₂-uitstoot van Nederland (Wat is waterstof? Dit moet je weten, z.d.).

Ter oplossing hiervan wordt vaak 'blauwe' waterstof voorgesteld, wat principieel hetzelfde is als 'grijze' waterstof (fig. 1) (Milieu Centraal, z.d.), maar het ontstane CO₂ wordt opgeslagen via Carbon Capture Storage (CCS), het opvangen en opbergen van CO₂ (Milieu Centraal, z.d.). Dit systeem blijkt inadequaat effectief te zijn. Een 'blauwe' waterstoffaciliteit in Canada van Shell claimt dat het 90% van haar uitstoot van broeikasgassen opvangt, maar dit blijkt maar 48% te zijn, volgens NGO Global Witness (Hydrogen's Hidden Emissions, 2022). Dit getal daalt nog meer (naar 39%) als de processen buiten SMR óók worden meegerekend. 'Blauwe' waterstof is dus geen milieuvriendelijk alternatief.

Nochtans, echt duurzame waterstof bestaat wel. Het heet 'groene' waterstof; waterstof geproduceerd uit water, via elektrolyse (zie fig. 1) (Milieu Centraal, z.d.). De energie hiervoor wordt gehaald uit duurzame bronnen, zoals zonne-energie. Deze energie wordt gebruikt om water te splitsen in waterstof en zuurstof (Milieu Centraal, z.d.). Elektrolyse van water is mogelijk met zout water (Kuang et al., 2019), wat het risico van een zoetwatertekort tenietdoet. Het elektrolyseproces produceert ook zeer zuivere waterstof, vergeleken met 'blauwe' waterstof, dat eerst moet worden gezuiverd (15 dingen die je moet weten over waterstof, z.d.).

De verduurzaming van het waterstofproductieproces is belangrijk in de verduurzaming van Nederland als geheel. 'Groene' waterstof is minder dan 1% van de waterstofproductie (Wat is waterstof? Dit moet je weten, z.d.). Dit verhogen zou dus een gunstige impact hebben op de Nederlandse CO₂-uitstoot.

Het rendement van elektrolyse is ±75% (Fuel of the Future - Technion - Israel Institute of Technology, 2019), wat betekent dat er ±75% van de theoretisch maximale productie wordt geproduceerd. Er is een methode om dit te verhogen naar 99% (Dotan et al., 2019), maar dit is niet de standaardmethode. In dit paper zal dus een rendement van 75% worden gehanteerd. Er gaat dus een deel van de geproduceerde zonne-energie verloren en er is een vraag naar 'groene' waterstofproductie voor verduurzamingsdoelinden. In hoeverre kan excessieve zonne-energie worden gebruikt om 'groene' waterstof te produceren via elektrolyse, en zo de vraag van de Nederlandse industrie naar waterstof op een duurzame manier bevredigen? De hypothese is dat het zonne-energieoverschot niet adequaat zal zijn om de volledige vraag in Nederland naar waterstof te bevredigen en maar een deel van de jaarlijkse productie van Nederland kan overnemen.

Het is mogelijk om lokaal, bij zonnepanelen, waterstof te produceren (Viveen, 2023). Dit ontwijkt eventueel het probleem om de stroom van de overschotten naar de elektrolysecentrale te moeten brengen via een andere weg dan het normale energienetwerk, dat al beladen is. Ook zijn er bestaande plannen om een goede waterstofinfrastructuur te creëren (Gasunie, 2022), waarmee de waterstof naar afnemers kan worden gebracht.

Van nature is het gebruik van overschotten voor waterstofproductie te duur om rendabel te zijn (Mulder & Perey, 2020). De energieprij is negatief bij een overschot, en het overschot is geen constant aanwezige bron van elektriciteit, dus noch energieleveranciers noch waterstofproducenten

hebben een drijfveer.

2. Methode

Om het totale overschot zonne-energie te berekenen is er gebruik gemaakt van een datasheet van het bedrijf EnAppSys (EnAppSys - Decision support for energy markets, 2023), een (consultancy)bedrijf dat data verzamelt en interpreteert over de Europese energiemarkt. Hierin staat per uur de energieopbrengst van biomassa, kolen, CCGT, gas, hydro, nucleair, zonne-energie, windenergie, afval en overige energiebronnen. Daarnaast is de energievraag (per uur) aangegeven. Uit deze data is een Excel formule gevormd m.b.v. EnAppSys, en het zonne-energieoverschot berekend.

Met dit berekende overschot is er met behulp van de ontledingsenergie van water berekend hoeveel mol H₂ hiermee kan worden geproduceerd. Dit is omgezet naar PJ (via massa), om te berekenen welk percentage van de jaarlijkse Nederlandse productie dat is.

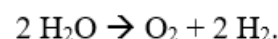
Voor het berekenen van het exces is de vraag naar energie en het aanbod van de primaire bronnen berekend. Er wordt aangenomen dat de primaire bronnen constant zijn, al is dit niet altijd accuraat. De primaire bronnen zijn nucleair, biomassa, afval, kolen, gas, en wind. Dan blijft er een deel van de vraag over, die wordt geleverd door zonne-energie, de 'overige vraag', waaruit blijkt of er een overschot aan zonne-energie is. De overige bronnen die niet bij de primaire bronnen horen komen na zonne-energie in de volgorde van gebruik in het document en worden dus niet meegerekend. Zo is vervolgens het overschot berekend.

Dan wordt er gekeken naar de volgende 4 scenario's: eerst werd gekeken naar de opbrengst zonne-energie. In de 1e situatie is deze nul, er is geen overschot aan zonne-energie. In de 2e situatie is de overige vraag negatief, dan is er meer aanbod van de primaire bronnen dan vraag, dus is alle zonne-energie overschot. In de 3e situatie is de overige vraag groter dan de opbrengst zonne-energie, dan is er geen overschot. In de 4e situatie is de opbrengst zonne-energie groter dan de overige vraag, dan is het overschot gelijk aan het aanbod zonne-energie minus de overige vraag. Zo is met deze 4 scenario's het overschot per uur berekend en vervolgens van een heel jaar bij elkaar opgeteld. Over 2021 is een overschot van energie van 7921679 MWh, ofwel 28,51 PJ berekend. Het totaal aan zonne-energie over 2021 is 11439470 MWh, dus er is een overschot van 69,2%.

$$\frac{E}{E(\text{tot})} = \frac{7921679}{11439470} = 69,2\%$$

De vormingswarmte van een stof is de energie die wordt gebruikt of ontstaat als de stof wordt gemaakt uit de elementen. De vormingswarmte van (vloeibaar) water is -2,86 x 10⁵ J/mol (Verkerk & De Groot, z.d.), dus er komt 2,86 x 10⁵ J energie vrij als warmte als een mol water ontstaat. Mol is een eenheid voor het aantal deeltjes (6,02214076 x 10²³ deeltjes). Als er zoveel energie ontstaat bij het ontstaan van water, is er dus ook zoveel nodig om het water weer te ontleden tot elementen. De ontledingsenergie is even groot als de vormingswarmte, maar in de andere richting. Voor de ontleding van water is dus 2,86 x 10⁵ J/mol aan energie nodig.

De netto reactie van elektrolyse is



(Verkerk & De Groot, z.d.)

Het energie-effect van de reactie is:

$$\Delta E = E(\text{reactieproduct}) - E(\text{beginstoffen}) = (0 + 0) - (-2,86 * 10^5) = 2,86 * 10^5 \text{ J/mol. (Arends et al., 2019)}$$

Door de totale beschikbare energie te delen door de ontledingswarmte en te vermenigvuldigen met het rendement is het ontstane aantal mol berekend: $7,48 * 10^{10} \text{ mol H}_2$.

Het gemiddelde rendement van elektrolyse is $\pm 75\%$ (Fuel of the Future - Technion - Israel Institute of Technology, 2019).

Dit zal in dit onderzoek gehanteerd worden.

$$\frac{E}{\Delta E} * \text{rendement} = \frac{2,851 * 10^{16}}{2,86 * 10^5} * 0,75 = 7,48 * 10^{10} \text{ mol H}_2$$

De molaire massa (M) van H_2 is $2,016 \text{ g/mol}$, dus $7,48 * 10^{10} \text{ mol H}_2$ is equivalent aan $1,51 * 10^8 \text{ kg H}_2$.

$$m \times M = 7,48 * 10^{10} * 2,016 = 1,51 * 10^8 \text{ kg H}_2$$

100 PJ komt overeen met $8,27 * 10^8 \text{ kg H}_2$. Er ontstaat dus $18,3 \text{ PJ H}_2$.

De totale waterstofproductie per jaar is ongeveer 155 PJ (Weena & Segers, 2020). Met het zonne-energieoverschot is dus $\pm 12\%$ van de jaarlijkse productie te vervangen.

$$\frac{E}{E_{\text{tot}}} = \frac{18,3}{155} = 12\%$$

3. Resultaten

Uit de berekeningen in de methode is gebleken dat het totale overschot zonne-energie van 2021 7921679 MWh is. De totale som van de opbrengst zonne-energie in de dataset van EnAppSys (EnAppSys - Decision support for energy markets, 2023) is 11439470 MWh . Hieruit komt dus dat er een overschot is van $69,2\%$.

Als al het overschot zou worden gebruikt voor het produceren van waterstof, dan zou er in 2021 $1,51 * 10^8 \text{ kg}$ waterstof zou kunnen worden geproduceerd. Dit is $18,3 \text{ PJ}$ en $\pm 12\%$ van het totaal aan geproduceerde waterstof in Nederland (Weena & Segers, 2020).

4. Conclusie

De onderzoeksvraag van dit onderzoek is: In hoeverre kan excessieve zonne-energie worden gebruikt om 'groene', dus duurzame, waterstof te produceren via elektrolyse, en zo de vraag van de Nederlandse industrie naar waterstof op een duurzame manier bevredigen?

Het zonne-energieoverschot is voldoende om 12% van de jaarlijkse productie van waterstof in Nederland (in PJ) te produceren (Weena & Segers, 2020). Op dit moment is $<1\%$ van de Nederlandse waterstofproductie 'groene' waterstof (Wat is waterstof? Dit moet je weten, z.d.), dus dit is een toename van minimaal 1200% .

De hypothese is dat het zonne-energieoverschot niet adequaat zal zijn om de volledige vraag naar waterstof in Nederland te bevredigen en maar een deel van de jaarlijkse productie van Nederland kan overnemen. De hypothese was correct. Nochtans, een deel van de waterstofproductie verduurzamen heeft ook een verlagend effect op de CO_2 -uitstoot.

Het is noodzakelijk om de mate van duurzame waterstofproductie te verhogen vanwege de hoge CO_2 -uitstoot bij de productie van 'grijze' waterstof (Spath & Mann 2000). De vraag naar met name 'groene' waterstof zal in de toekomst toenemen (gasunie, 2019), aangezien het een belangrijke duurzame grondstof is, die fossiele brandstoffen zou kunnen vervangen. Ook de duurzame energieproductie zal in de

toekomst stijgen (Reid, 2020).

De productie van 'groene' waterstof uit zonne-energieoverschotten is nu nog uitdagend. Volgens onderzoek van Rijksuniversiteit Groningen (RUG) (Mulder & Perey, 2020) is het te duur om zonder veel subsidie rendabel te zijn, en daardoor economisch onlogisch.

Dit paper bewijst dat er een substantieel overschot is, dat bruikbaar is voor waterstofproductie. De enige drempel is winstgevendheid.

Het aandeel duurzame energie van het gehele Nederlandse energieverbruik is nu maar $11,1\%$, waarvan 14% zonne-energie (Linders et al., 2021). Daarvan gaat weer $69,2\%$ verloren. Dit overschot aan zonne-energie zou goed gebruikt kunnen worden bij het vervangen van 'grijze' waterstof door 'groene' waterstof. De waterstofproductie m.b.v. het zonne-energieoverschot zou 12% van de totale waterstofproductie in Nederland kunnen vervangen (Weena & Segers, 2020). Zo zal de CO_2 -uitstoot van Nederland dalen én er zal minder duurzame energie verloren gaan. Dit zal helpen met de verduurzaming van Nederland.

5. Discussie

Bij dit onderzoek zijn de volgende punten aan te merken aan de validiteit en betrouwbaarheid:

5.1 Bronnen

De enige gebruikte bron van zonne-energiegegevens is geleverd door een commercieel bedrijf (EnAppSys - Decision support for energy markets, 2023), dat de data heeft verzameld en geïnterpreteerd. Wat er precies met de data is gedaan door het bedrijf is niet bekend, wat de validiteit van het onderzoek aantast. Het overschot is berekend via een formule die is gevormd door de onderzoekers zelf m.b.v. hetzelfde bedrijf (EnAppSys - Decision support for energy markets, 2023). De betrouwbaarheid van de resultaten kan verbeterd worden door deze te vergelijken met een andere berekeningsmethode. Ook door dit paper te vergelijken met andere publicaties had dit kunnen worden verbeterd. Dit is verhinderd doordat de literatuur uitzonderlijk beperkt is in dit vakgebied. Er is geprobeerd contact te zoeken met professoren in dit veld om het berekende overschot te valideren, maar dit was onsuccesvol. Mogelijkerwijs is het overschot dus kleiner (of groter) dan hier aangenomen. Voor toekomstig onderzoek is het gebruik van meerdere bronnen van energiedata ter verificatie aan te raden. De energiemarkt is multifactorieel, en er zijn geen nadere correcties gedaan in de aangeleverde data voor deze factoren. Dit zijn factoren als export van elektriciteit en de flexibiliteit van energieproductie door fossiele brandstoffen.

Er is niet gecorrigeerd voor eventuele export van energie. Mogelijkerwijs wordt een deel van ons berekende overschot naar buurlanden geëxporteerd, waar dan wel vraag is. De netto export van energie in Nederland is echter maar 5 PJ (over 2020), equivalent aan $0,2\%$ van het totale primaire verbruik van Nederland (Energie in Nederland in 2020, z.d.). Dit maakt het onwaarschijnlijk dat dit een grote factor is. Ook is de dag- en nachtcyclus in Nederland ongeveer gelijk aan haar buurlanden vanwege de gelijke geografische ligging, en export van het overschot zal dus zeldzaam zijn.

Een volgend onderzoek waar wel wordt gecorrigeerd voor al deze factoren zou duidelijkheid bieden.

5.2 Methodiek

Bij berekening van het overschot is aangenomen dat de energieproductie door de primaire bronnen (nucleair, biomassa, afval, kolen, gas en wind) volledig inflexibel is. Dit is een generalisatie. Aardgascentrales zijn flexibel, en kunnen binnen 20 minuten op maximaal vermogen gaan draaien vanuit stilstand (Dijkema et al., 2009). Ook windmolens zijn flexibel (DVEP, 2021). Veel andere fossiele brandstofcentrales zijn inderdaad inflexibel (Dijkema et al., 2009). Een kolencentrale vergt minimaal een uur om weer op maximaal vermogen te komen, in de ideale omstandigheden (Dijkema et al., 2009). Het zonne-energieoverschot is mogelijk deels opgevangen door het verlagen van de output van aardgascentrales, en dit is niet meegenomen in de berekening.

De eenheid van de aangeleverde data was incorrect aangegeven. Hier werd aangegeven dat de energie in MW stond, met de datum (uur, dag, maand, jaar) op de verticale as. Dit is geïnterpreteerd als MWh, al is er geen verificatie dat dit de bedoeling was. Bij berekening met het getal in MW was de uitkomst ruim groter dan de totale jaarlijkse energie van Nederland, waarna is aangenomen dat dit incorrect is, en het MWh behoort te zijn.

Omdat onze hoofdbron uit duizenden getallen bestaat, is er een kans dat er ergens een getal verkeerd is overgenomen. Het overschot is berekend m.b.v. een Excel formule, maar hier kunnen fouten zijn gemaakt. De berekening is herhaald uitgevoerd om dit te voorkomen. De aangeleverde data van EnAppSys (EnAppSys - Decision support for energy markets, 2023)

is echter niet te controleren en het kan dus zo zijn dat hier een fout in zit. Doordat wij hierover geen zekerheid hebben, is hier niet voor gecorrigeerd.

Er is gerekend met een algemeen chemisch rendement van elektrolyse, geen andere rendementen zijn gebruikt in de methode. Mogelijkerwijs is maakt dit ons resultaat hoger dan bedoeld, en wordt er bijvoorbeeld een hoge kwantiteit waterstof verloren tijdens transport.

5.3 Betekenis resultaten en toekomstig onderzoek

Er blijkt dus een mogelijkheid te zijn om het overschot te benutten voor het produceren van 'groene' waterstof, om zo de waterstofproductie in Nederland te verduurzamen, en de CO₂-uitstoot te laten dalen. Het overschot is onvoldoende voor de complete jaarlijkse vraag naar waterstof (Weena & Segers, 2020), maar wel 12% ervan.

Onze hypothese 'Het zonne-energie excès zal niet adequaat zijn om de volledige vraag naar waterstof te bevredigen en maar een deel van de jaarlijkse productie van Nederland kan overnemen.', bleek correct. Niettemin, de verduurzaming van 12% van de jaarlijkse productie van waterstof (Weena & Segers, 2020), zou een belangrijke stap zijn in de verduurzaming van Nederland, aangezien het 1,8 * 10⁹ kg CO₂-equivalent zou besparen per jaar.

Volgens Spath & Mann (2000) is het Global Warming Potential (GWP) van SMR, de gebruikelijke productiewijze van 'grijze' waterstof, 11.888 g CO₂-equivalent/kg H₂. Er ontstaat 1,51 * 10⁸ kg waterstof. Aannemende dat deze 'groene' waterstof strikt 'grijze' waterstof vervangt, wordt de uitstoot van 1,8 * 10⁹ kg CO₂-equivalent voorkomen. In 2021 bedroeg de totale uitstoot van Nederland 168 megaton CO₂-equivalent (Centraal Bureau voor de Statistiek, z.d.). Dit zou dus ±1% van de totale jaarlijkse CO₂-equivalentuitstoot voorkomen.

$$\frac{CO_2}{CO_2(\text{totaal})} = \frac{1,8}{168} * 100\% = 1\%$$

Er is weinig te vinden over het specifieke onderwerp van dit onderzoek. Er zijn onderzoeken over waterstof en over overschotten, niet in combinatie. Wel zijn er nieuwsartikelen te vinden over de haalbaarheid van waterstof als energieopslag, vaak zonder ondersteuning van bronnen (Brinck, 2019). In een van deze artikelen staat dat het gebruik van overschot van groene energie tegen veel knelpunten aanloopt (Brinck, 2019). Door de onregelmatige toevoer van energie kan de elektrolysecentrale niet op volledige capaciteit draaien, en moeilijk de constante kosten (waaronder afschrijving op de installatie) dekken. Mogelijk weerhoudt dit de praktische toepassing van het onderwerp van dit paper. De onregelmatige toevoer door het overschot kan mogelijk worden opgelost d.m.v. accu's om de energie gelijkmatig te gebruiken, of door een combinatie van overschot en 'normale' elektriciteit te gebruiken.

Waarom er zo weinig onderzoek wordt gedaan over het zonne-energieoverschot is onduidelijk, maar het zal waarschijnlijk gerelateerd zijn aan het verlenen van onderzoeksbeurzen. Veel onderzoek wordt gefinancierd door de industrie (Federal Support for Research and Development, 2007), en er zal dus waarschijnlijk voornamelijk in winstgevendende onderzoeken worden geïnvesteerd. Het produceren van waterstof met het zonne-energieoverschot valt hier niet onder.

Er wordt nu geen 'groene' waterstof geproduceerd met het zonne-energieoverschot, omdat het te duur is om rendabel te zijn, volgens onderzoek van de RUG (Mulder & Perey, 2020). Het 'excess supply' wordt herkend, maar is volgens dat paper economisch onlogisch. Een energieleverancier levert niet bij negatieve prijzen, en een waterstofproducent verkoopt de goedkoopste optie, 'normale' elektriciteit gebruiken. Er zal een subsidieregeling moeten worden gecreëerd als motivator. Volgens het onderzoek van de RUG zijn subsidiesystemen 'een verstoring op de stroommarkt', en 'heel duur', dus een slechte optie.

Dit onderzoek bewijst dat er een substantieel overschot is, dat bruikbaar is voor waterstofproductie: de energie is er en er kan een significante hoeveelheid waterstof worden geproduceerd. De enige drempel is winstgevendheid. Nader onderzoek is nodig om preciezer te bepalen of, en hoe, subsidiering kan worden toegepast.

Het is zelfs mogelijk om direct bij zonnepaneelparken waterstof te produceren (Viveen, 2023), wat het transport en proces vergemakkelijkt. Dit zou er wel voor zorgen dat de waterstofproductie weersafhankelijk is, omdat de nodige energie alleen wordt geleverd door zonlicht (Viveen, 2023).

Er zijn al plannen om de waterstofinfrastructuur van Nederland te verbeteren, o.a. bestaande gasleidingen worden hiervoor hergebruikt. Dit plan is gemaakt door Rob Jetten, de huidige minister van Klimaat en Energie, in samenwerking met Gasunie (Gasunie, 2022).

Voor volgend onderzoek wordt de onderzoekers aangeraden om een meerdere bronnen voor het overschot te gebruiken. Hierbij kan dan ook rekening worden gehouden met de complicaties van het energienetwerk en in hoeverre dit overschot echt gebruikt kan worden in de elektrolysecentrales. Verder wordt ook aangeraden om met verschillende rendementen van de elektrolysecentrales te rekenen voor een nauwkeuriger

resultaat.

12% van de jaarlijkse waterstofproductie in Nederland (Weena & Segers, 2020) zou geproduceerd kunnen worden met het jaarlijkse zonne-energieoverschot, wat 1% van de jaarlijkse CO₂-equivalentuitstoot (Spath & Mann, 2000) (Centraal Bureau voor de Statistiek, z.d.) van Nederland zou voorkomen. Dit kan een belangrijke rol spelen in de verduurzaming van Nederland.

6. Bibliografie

15 dingen die je moet weten over waterstof. (z.d.). TNO. <https://www.tno.nl/nl/duurzaam/co2-neutrale-industrie/schone-waterstofproductie/15-dingen-die-je-moet-weten-waterstof/>

Arends, J., Buil, S., Heutmekers, T., Spillane, B., & Veldema, Y. (2019). *Chemie Overal* (5de editie). Noordhoff.
Breukelman, F. PR-medewerker Zonneplan, data afkomstig van EnAppSys, 3 oktober 2022, via Outlook E-mail.

Brinck, T. T. (2019, 21 januari). Waterstof uit waardeloze groene stroom is een waardeloos idee. wattisduurzaam. <https://www.wattisduurzaam.nl/16238/energie-beleid/waterstof-uit-waardeloze-groene-stroom-is-keihard-kansloos-2/>

Brown, A. (2019, 18 juli). Uses of Hydrogen in Industry. The Chemical Engineer. <https://www.thechemicalengineer.com/features/uses-of-hydrogen-in-industry/>

CBS. (2020). Hoeveel energie halen we uit biomassa? - Nederland in cijfers 2020. Geraadpleegd op 11 oktober 2022, van <https://www.cbs-nl.ezproxy2.utwente.nl/-/media/pdf/2020/51/nederland-in-cijfers-2020.pdf>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (z.d.). Hoe groot is onze broeikasgasuitstoot? <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-broeikasgassen/hoe-groot-is-onze-broeikasgasuitstoot-wat-is-het-doel->

De Ingenieur. (2019, 13 november). Staalproducent gebruikt waterstof in plaats van kolen. <https://www.deingenieur.nl/artikel/staalproducent-gebruikt-waterstof-in-plaats-van-kolen>

Dijkema, G., Lukszo, Z., Verkooijen, A., De Vries, L., Weijnen, M., (2009, 20 april). De regelbaarheid van elektriciteitscentrales: Een quickscan in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken. Technische Universiteit Delft Faculteit Techniek, Bestuurs Management in samenwerking met DNC. Geraadpleegd op 27 november 2022. <https://www.dynamictidalpower.eu/resources/Documenten/De-regelbaarheid-van-elektriciteitscentrales.pdf>

Dotan, H., Landman, A., Sheehan, S. W., Malviya, K. D., Shter, G. E., Grave, D. A., Arzi, Z., Yehudai, N., Halabi, M., Gal, N., Hadari, N., Cohen, C., Rothschild, A. & Grader, G. S. (2019, 13 september). Decoupled hydrogen and oxygen evolution by a two-step electrochemical-chemical cycle for efficient overall water splitting. *Nature Energy*, 4(9), 786–795. Geraadpleegd op 13 oktober 2022. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0462-7>

DVEP. (2021, 23 augustus). Waarom worden windmolens soms uitgeschakeld? •. <https://dvep.nl/nieuws/waarom-worden-windmolens-soms-uitgeschakeld/>

EnAppSys - Decision support for energy markets. (2023, 30 januari). EnAppSys. <https://www.enappsys.com/>

Energie in Nederland in 2020. (z.d.). Energie in Nederland. <https://www.energieinnederland.nl/cijfers/2020>

Federal Support for Research and Development. (2007). In CBO. Geraadpleegd op 3 februari 2023, van <https://www.cbo.gov/sites/default/files/cbofiles/ftpdocs/82xx/doc8221/06-18-research.pdf>

Fuel of the Future - Technion - Israel Institute of Technology. (2019, 15 september). Technion - Israel Institute of Technology -. <https://www.technion.ac.il/en/2019/09/fuel-of-the-future/>

Gasunie. (2019, november). Longread Waterstof - Vraag en aanbod. de wereld van waterstof. <https://www.dewereldvanwaterstof.nl/gasunie/vraag-en-aanbod/>

Gasunie. (2022, 29 juni). Gasunie start met aanleg waterstofnetwerk Nederland. <https://www.gasunie.nl/nieuws/gasunie-start-met-aanleg-waterstofnetwerk-nederland>

Gemiddeld energieverbruik in Nederlandse huizen | Vattenfall. (z.d.). Vattenfall.nl. Geraadpleegd op 11 oktober 2022 <https://www.vattenfall.nl/energie/gemiddeld-energieverbruik/>

Hydrogen Production: Natural Gas Reforming. (z.d.). Energy.gov. <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-natural-gas-reforming>

Hydrogen's Hidden Emissions. (2022, 20 januari). Global Witness. <https://www.globalwitness.org/en/campaigns/fossil-gas/shell-hydrogen-true-emissions/>

Hynetwork Services. (z.d.). Een landelijk waterstofnetwerk als aanjager van de waterstofmarkt. <https://www.hynetwork.nl/>

Kuang, Y., Kenney, M. J., Meng, Y., Hung, W. H., Liu, Y., Huang, J. E., Prasanna, R., Li, P., Li, Y., Wang, L., Lin, M. C., McGehee, M. D., Sun, X. & Dai, H. (2019, 5 februari). Solar-driven, highly sustained splitting of seawater into hydrogen and oxygen fuels. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(14), 6624–6629. Geraadpleegd op 13 oktober 2022. <https://doi.org/10.1073/pnas.1900556116>

Lageweg, L. (2022, 21 april). Overspanning: Wat is Schade die ontstaat? Installo.nl. <https://installo.nl/installatie-kennisbank/elektrotechnische-installaties/overspanning/>

Linders, M. R., Segers, R., van Middelkoop, M., Brummelkamp, S., Keller, K., Muller, G., & Houweling, S. (2021, 30 september). Hernieuwbare Energie in Nederland 2020. Centraal Bureau voor de Statistiek. Geraadpleegd op 11 oktober 2022 <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/aanvullende-statistische-diensten/2021/hernieuwbare-energie-in-nederland-2020>

Longread Waterstof - Wat is waterstof? (z.d.). de wereld van waterstof. <https://www.dewereldvanwaterstof.nl/gasunie/wat-is-waterstof/>

Milieu Centraal. (z.d.). Waterstof: welke kansen zijn er? <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/waterstof/>

Mulder, M., & Perey, P. (2020). Groene waterstof laat zich lastig rendabel maken. Geraadpleegd op 20 december 2022, van https://pure.rug.nl/ws/portalfiles/portal/232455458/Mulder_en_Perey_2020_ESB_105_4782_080_083.pdf

N'Tsoukpoe, K. E., Liu, H., Le Pierrès, N., & Luo, L. (2009, december). A review on long-term sorption solar energy storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2385–2396. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.05.008>

Opbrengrst zonnepanelen: wat is de invloed van het weer? (z.d.). Vereniging Eigen Huis. <https://www.eigenhuis.nl/verduurzamen/maatregelen/zonne-energie/zonnepanelen->

en-invloed-weer

Reid, G. (2020, 16 januari). Why the future looks bright for solar energy. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2020/01/the-future-looks-bright-for-solar-energy/>

Reijnen, B. (2022, 20 mei). Te veel zon? Fabriek casht op overschot groene stroom. RTL Nieuws Geraadpleegd op 11 oktober 2022 <https://www.rtlnieuws.nl/economie/business/artikel/5309918/groene-stroom-fabrieken-zonne-energie-windmolens-duurzaam-eu>

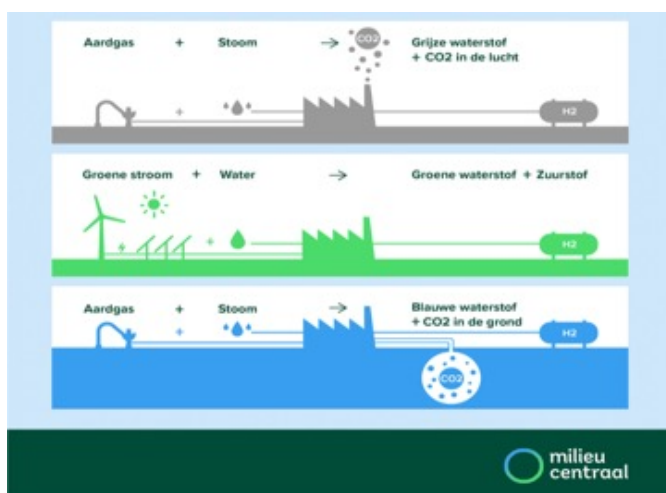
Spath & Mann (2000). Life Cycle Assessment of Hydrogen Production via Natural Gas Steam Reforming. In NREL(NREL/TP-570-27637). National Renewable Energy Laboratory. Geraadpleegd op 29 januari 2023, van <https://www.nrel.gov/docs/fy01osti/27637.pdf>

Verkerk, V., & De Groot, P. (2013). Binas 6e editie havo/vwo informatieboek: Zesde herziene en verbeterde druk van het Binas-informatieboek. Noordhoff.

Viveen, P. (2023, 23 januari). Waterstof Zonnepanelen | Alles wat je moet weten! 2023. Zonnepaneelprijzen.nl. <https://www.zonnepaneelprijzen.nl/waterstof-zonnepanelen/>

Wat is waterstof? Dit moet je weten. (z.d.). Milieudefensie. <https://milieudefensie.nl/onderwerp/wat-is-waterstof>

Weena, M., Segers, R. (2020, 24 juni). The Dutch hydrogen balance, and the current and future representation of hydrogen in the energy statistics, TNO, https://www.cbs.nl/-/media/_pdf/2020/27/the-dutch-hydrogen-balance-and-current-and-future-representation-of-hydrogen-in-energy-statistics.pdf



Figuur 1, een versimpelde visualisatie van de 3 methoden om waterstof te produceren (Milieu Centraal, z.d.)

Een vooronderzoek in het verschil van vakken gemiddelden en opstroomcijfers vergeleken tussen het niet CITO-eindtoets gemaakte cohort 2019-2020 en de wel CITO-eindtoets gemaakte cohorten vanaf 2015-2016

K.Y. Hendriks¹, F.I. Pieren², K.H. De Vries³, B. Toren¹, J. Wolbers², M. Niemeijer³

¹Het Stedelijk Lyceum, Kottenpark, Enschede

²OSG Het Erasmus, Almelo

³Afdeling Pre-U-, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - The main purpose of this study is to investigate a possible correlation between whether or not taking the CITO test and the school results and progression and/or exit rates of students in secondary school. Around 4000 students from 1 secondary school in Almelo participated in this study. A study was conducted based on the pupil tracking system of this secondary school. The results showed that the year that did not make the CITO test had a slightly better result in grade averages and less people moving up or down to another level of education. This is surprising because it does not match the estimated outcome of the study. The result of this relationship couldn't be explained in this study, and this study serves as a starting point for further research.

1. Inleiding

1.1 Schooladvies

Basisschoolleerlingen krijgen in groep acht een advies voor het leerniveau op de middelbare schoolniveau. De middelbare school plaatst het kind in een klas op basis van het gegeven advies, maar het kind kan in de daaropvolgende jaren wel op- of afstromen. Een kind met een havo advies mag door een school bijvoorbeeld wel in zowel een mavo/havo als een havo/vwo klas geplaatst worden (Rijksoverheid, z.d.). Een advies voor een schoolniveau komt door een paar stappen tot stand (Schumacher, z.d.). De meeste scholen maken gebruik van de CITO Entreetoets. Leerlingen maken deze in groep zeven of acht en op basis hiervan wordt een voorlopig advies gegeven. In groep acht maakt de leerling (nog een keer) een CITO of IEP toets en tot slot de eindtoets. Mocht het resultaat van de eindtoets lager of gelijk zijn aan het schooladvies dat de leerling al eerder heeft gekregen, dan mag dit advies niet aangepast worden. Mocht het kind de eindtoets beter maken dan het al eerder gegeven advies, dan mag het advies wel worden bijgesteld naar een hoger niveau. Dit fenomeen is wettelijk vastgelegd.

(Rijksoverheid, n.d.) De leraar heeft uiteindelijk het laatste woord. Zijn of haar oordeel weegt zwaarder dan de eindtoets. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat leraren meerdere factoren meenemen, zoals werkhouding, motivatie en ontwikkeling van het kind. Deze gegevens staan allemaal verwerkt in het leerlingvolgsysteem, terwijl de eindtoets een momentopname is. Leraren behoren zich dus te houden aan de richtlijnen van dit leerlingvolgsysteem, die per school een beetje kunnen afwijken. In principe zullen coördinatoren of de directeur zelf de leraren hier op 'controleren'. In sommige uitzonderlijke gevallen maakt een leerling geen CITO- of andere eindtoets. In dat geval wordt er dus een advies gegeven op basis van alleen de waarnemingen van de docent(e) en eventueel eerder gemaakte CITO-toetsen.

De leerlingen die in schooljaar 2019-2020 in groep 8 zaten, hebben in verband met corona geen eindtoets gemaakt. Dit terwijl de CITO-eindtoets het belangrijkste toetsmoment van de basisschool is. De leerlingen zijn dus op niveau geplaatst

naar aanleiding van enkel het advies van de leraar en eventueel eerder gemaakte CITO-toetsen. Een gegeven advies laat enigszins ruimte voor op- en afstromen. Dat valt in de praktijk ook terug te zien; in het eerste en tweede leerjaar van de middelbare school veranderen leerlingen meer van middelbaar schoolniveau dan in de leerjaren die daarna volgen. Dit komt door twee factoren: een middelbare school die niet goed aansluit en/of een niet-passend advies dat de leerling op de basisschool heeft gekregen. Het gros van de leerlingen zou daarom vanaf de derde klas op niveau moeten zitten, omdat ze dan naar het 'juiste' niveau zijn op- of afgestroomd. Leerlingen hebben zelf een directe invloed op het uitkiezen van een middelbare school. Naast open dagen, meeloopdagen en voorlichtingen heeft de overheid en/of de school geen mogelijkheid om de leerling beter te informeren. Een leerling heeft echter geen directe invloed op het middelbare schooladvies wat hij of zij krijgt. Naast zijn of haar CITO score, maakt de docent(e) een inschatting van het niveau van de leerling. Veel van de factoren die de docent(e) meeneemt zijn subjectief en persoonsgebonden (Inspectie van Onderwijs, 2018). Hierdoor kan een leerling belemmert of juist bevoordeeld worden, wat een juiste inschatting van de capaciteiten en mogelijkheden van een leerling in de weg staat. Er is in het verleden nog geen eerder onderzoek gedaan naar het effect van het niet maken van een CITO toets op leerlingen, hun schoolresultaten en/of op-/afstroomcijfers van deze leerlingen. Dit komt omdat er voorheen geen situatie was waarbij er landelijk geen CITO toets werd gemaakt. Het niet maken van de CITO toets komt in dit geval door de corona-pandemie.

1.2 Onderzoeksvraag

Zoals hierboven beschreven staat is er nog geen eerder onderzoek geweest naar het niet maken van de CITO toets en de (eventuele) invloed die dit heeft op schoolresultaten en op-/afstroomcijfers. Eerdere onderzoeken gaan over de invloed van corona crisis op het onderwijs (Inspectie van het onderwijs, n.d.) en naar de visie van ouders op de resultaten, motivatie en persoonlijke groei van hun kinderen die basis- of middelbaar

onderwijs volgde tijdens de corona crisis (NJI, 2022). De onderzoeksvraag van dit onderzoek luidt als volgt: Wat is het verschil tussen de schoolresultaten en op- / afstroom cijfers van leerlingen die in schooljaar 2019-2020 leerjaar 1 geen* CITO-eindtoets hebben gemaakt in vergelijking met leerlingen die deze wel hebben gemaakt? De verwachting van dit onderzoek is dat het niet maken van de CITO toets een slechte invloed heeft op de schoolresultaten en dat er meer afstromers zullen zijn. Deze verwachting wordt gebaseerd op eerder onderzoek waaruit blijkt dat de CITO steeds meer van belang wordt bij het middelbare schooladvies (Henk Donkers, z.d.).

*Schooljaar 2019-2020, leerjaar 1

1.3 Maatschappelijke relevantie

Door dit te onderzoeken kan een (eventueel) verschil in resultaat van beide cohorten opgemerkt of uitgesloten worden. Dit (eventuele) verschil kan op haar plaats weer iets zeggen over de relevantie van CITO, de kwaliteit van het onderwijs in deze jaren, of de invloed van corona op het onderwijs. Zo kunnen afwijkende cijfergemiddeldes of op-/ afstroomcijfers bijvoorbeeld in verband zijn met het wel/niet maken van de CITO-toets, maar dit hoeft niet. Hier zal echter verder onderzoek naar gedaan moeten worden. Dit onderzoek dient dan ook als een aanzet tot vervolgonderzoek, ongeacht wat het resultaat van dit onderzoek gaat worden. Het doel is om de wetenschappelijke wereld eens kritisch te laten te kijken naar de lang bestaande indeling van het onderwijs en het gebruik van CITO bij het middelbare schooladvies. Naar aanleiding van het niet maken van de CITO toets door leerlingen vanwege de corona pandemie en de bovengenoemde informatie is dit onderzoek gestart.

2. Aanpak

2.1 Materiaal en methode

Dit onderzoek is uitgevoerd aan de hand van het analyseren van verschillende cohorten. Deze cohorten zijn verdeeld in cohorten die wel en cohorten die geen CITO-eindtoets gemaakt hebben in groep acht. Er is voor gekozen om de cohorten van 2015-2016 tot 2021-2022 mee te nemen in dit onderzoek, waarvan cohort 2019-2020 geen CITO-eindtoets heeft gemaakt. Op deze manier wordt er gebruik gemaakt van een grote testgroep en dat maakt het onderzoek betrouwbaarder. In dit onderzoek is schooljaar 2015-2016 als eerste cohort meegenomen. Dit omdat deze leerlingen in groep acht het zogenaamde 'overgangsjaar' meemaakten. In schooljaar 2014-2015 werd het instituut dat de CITO-eindtoets verzorgde vervangen door Eindtoets Basisonderwijs. Vanaf 2015 werd de CITO-eindtoets niet alleen door een andere instelling verzorgd, hij werd ook verplicht. (Staatssecretaris van Onderwijs Cultuur en Wetenschap, 2015). Dit schooljaar is dus een kantelpunt in de geschiedenis van de CITO-eindtoets.

Per cohort per leerjaar gaat het om tussen de 270 en 350 leerlingen. Van deze cohorten zijn er van de leerjaren 1 en 2 cijfergemiddelden en opstroomcijfers opgevraagd bij OSG Het Erasmus Almelo. Deze gegevens zijn anoniem opgestuurd. Het Erasmus Almelo had voor dit onderzoek de gegevens van de niveau's VMBO-t, havo en vwo beschikbaar. De cijfergemiddelden bestaan uit de gemiddelden van de vakken Engels, wiskunde en Nederlands en het totale gemiddelde van alle vakken. Een toelichting hiervoor is dat de vakken Nederlands en wiskunde een minimale kwaliteitseis zijn van een eindtoets (College van toetsen en afname, z.d.). Er is voor

Engels gekozen, omdat dit op elk niveau een kernvak is.

Door middel van het vergelijken van de hierboven genoemde gemiddelden en de opstroomcijfers van de verschillende cohorten wordt er in dit onderzoek gekeken of er sprake is van een eventueel verschil. Het gaat er dan om of er betere of slechtere cijfers zijn behaald en of er meer of minder mensen af- of opstromen. De gemiddelden geven hierdoor weer of er in een jaar beter of slechter gescoord is, vergeleken met andere jaren. De opstroomcijfers geven weer of de basisschooladviezen wel een correcte indicatie hebben gemaakt bij het inschatten van de capaciteiten van de leerling (Blok, 2019). Het bekijken van de gemiddelden kan hierbij ook helpen: veel opstroomers of veel afstromers betekent dat er geen correcte indicatie is gemaakt bij het inschatten van de leerling en voor de gemiddelden geldt hiervoor een hoger of lager gemiddelde. Voor het vergelijken van de gemiddelden, is gebruik gemaakt van indexcijfers. Zo is het cohort 2019-2020 als basisjaar gekozen, omdat dit het enige jaar is dat afwijkt van de andere jaren als het gaat om het maken van de CITO-eindtoets. Als bijvoorbeeld een uitkomst 101 is, wil dat zeggen dat dat ene cohort het 1% beter deed dan het cohort in het coronajaar. Zo geldt ook voor het indexcijfer 99 dat dat ene cohort het 1% minder deed. Er is hiervoor gekozen, omdat er zo zichtbaar is of het cohort 2019-2020 overal slechter of juist beter scoorde in vergelijking met andere cohorten.

3. Resultaten

Omdat er wordt gesproken over meerdere cohorten, worden de cohorten geletterd. Zo is het cohort 2015-2016 vanaf nu A, 2016-2017 B, het cohort 2017-2018 C, het cohort 2018-2019 D, het cohort 2019-2020 (het coronajaar) E*, het cohort 2020-2021 F en het cohort 2021-2022 G.

3.1 Cohort A

Uit de resultaten van de gemiddelden van de verschillende schooljaren kwam het volgende: In leerjaar 1 was het gemiddelde van alle leerlingen 6,42. Voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,21; 6,53 en 6,51. Voor vwo gold voor het gemiddelde van alle vakken 7,23 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,94; 7,51 en 7,22. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle vakken een 6,47 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,19; 6,65 en 6,57. Voor VMBO-t gold voor het gemiddelde van alle vakken 5,91 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 5,90; 5,80 en 6,04. In leerjaar 2 was het gemiddelde van alle leerlingen 6,34 en voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,47; 6,36 en 6,18. Voor vwo gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,34 en voor Nederlands en Engels en wiskunde (resp.) 6,53; 6,44 en 6,19. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle leerlingen en voor Nederlands, Engels en wiskunde 6,41; 6,26 en 6,17. Voor VMBO-t zijn geen cijfers gegeven in leerjaar 2. Uit de resultaten van de op- en afstroomcijfers schooljaren kwam het volgende: In leerjaar 1 zaten in totaal 226 leerlingen, waarvan 19 in een VMBO-t klas, 44 in een VMBO-t/Havo klas, 135 in een Havo/vwo klas en 28 in een vwo klas. In totaal stromen 15 leerlingen af, hiervan blijven 3 ook zitten. In totaal stromen 8 leerlingen op. In leerjaar 2 zaten in totaal 177 leerlingen, waarvan 89 in een Havo klas en 98 in een vwo klas. In totaal stromen 19 leerlingen af, 3 hiervan blijven ook zitten. In totaal stromen 2 leerlingen op. Voor VMBO-t zijn geen cijfers gegeven in leerjaar 2.

3.2 Cohort B

Uit de resultaten van de gemiddelden van de verschillende schooljaren kwam het volgende:

In leerjaar 1 was het gemiddelde van alle leerlingen 6,51 en voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,29; 6,62 en 6,60. Voor vwo gold voor het gemiddelde van alle vakken 7,59 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 7,50; 7,97 en 7,28. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle vakken een 6,58 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,27; 6,74 en 6,73. Voor VMBO-t gold voor het gemiddelde van alle vakken 5,93 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 5,84; 5,86 en 6,09. In leerjaar 2 was het gemiddelde van alle leerlingen 5,94 en voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 5,88; 6,10 en 5,83. Voor vwo gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,11 en voor Nederlands en Engels en wiskunde (resp.) 5,98; 6,46 en 5,90. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle leerlingen 5,77 en voor Nederlands, Engels en wiskunde 5,78; 5,76 en 5,76. Voor VMBO-t zijn geen cijfers gegeven in leerjaar 2.

Uit de resultaten van de op- en afstroomcijfers schooljaren kwam het volgende: In leerjaar 1 zaten in totaal 255 leerlingen, waarvan 10 in een VMBO-t klas, 64 in een VMBO-t/Havo klas, 152 in een Havo/vwo klas en 29 in een vwo klas. In totaal stromen 4 leerlingen af, 4 hiervan blijven ook zitten. In totaal stromen 4 leerlingen op. In leerjaar 2 zaten in totaal 186 leerlingen, waarvan 96 in een Havo klas en 90 in een vwo klas. In totaal stromen 31 leerlingen af, 6 hiervan blijven ook zitten. In totaal stroomt 1 leerling op.

3.3 Cohort C

Uit de resultaten van de gemiddelden van de verschillende schooljaren kwam het volgende: In leerjaar 1 was het gemiddelde van alle leerlingen 6,48. Voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,32; 6,72 en 6,39. Voor vwo gold voor het gemiddelde van alle vakken 7,16 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,77; 7,51 en 7,20. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle vakken een 6,47 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,29; 6,63 en 6,49. Voor VMBO-t gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,17 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,18; 5,54 en 5,78. In leerjaar 2 was het gemiddelde van alle leerlingen 6,26. Voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,30; 6,40 en 6,08. Voor vwo gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,26 en voor Nederlands en Engels en wiskunde (resp.) 6,68; 6,56 en 6,36. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle leerlingen 5,99 en voor Nederlands, Engels en wiskunde 5,92; 6,23 en 5,81. Voor VMBO-t zijn geen cijfers gegeven in leerjaar 2.

Uit de resultaten van de op- en afstroomcijfers schooljaren kwam het volgende: In leerjaar 1 zaten in totaal 290 leerlingen, waarvan 77 in een VMBO-t/Havo klas, 177 in een Havo/vwo klas en 36 in een vwo klas. In totaal stromen 5 leerlingen af, 5 hiervan blijven ook zitten. Er stromen geen leerlingen op. In leerjaar 2 zaten in totaal 220 leerlingen, waarvan 109 in een Havo klas en 111 in een vwo klas. In totaal stromen 49 leerlingen af, 3 hiervan blijven ook zitten. Er stromen geen leerlingen op. Voor VMBO-t zijn geen cijfers gegeven in leerjaar 2.

3.4 Cohort D

Uit de resultaten van de gemiddelden van de verschillende schooljaren kwam het volgende: In leerjaar 1 was het

gemiddelde van alle leerlingen 6,46. Voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,32; 6,51 en 6,54. Voor vwo gold voor het gemiddelde van alle vakken 7,37 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 7,17; 7,12 en 7,83. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle vakken een 6,43 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,27; 6,48 en 6,53. Voor VMBO-t gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,18 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,10; 6,35 en 6,09. In leerjaar 2 was het gemiddelde van alle leerlingen 6,43. Voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,26; 6,85 en 6,17. Voor vwo gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,55 en voor Nederlands en Engels en wiskunde (resp.) 6,46; 7,03 en 6,16. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle leerlingen 6,23 en voor Nederlands, Engels en wiskunde 6,03; 6,77 en 5,90. Voor VMBO-t voor het gemiddelde van alle vakken 6,72. Voor Nederlands, Engels (resp.) 6,49; 6,69 en 6,96.

Uit de resultaten van de op- en afstroomcijfers schooljaren kwam het volgende: In leerjaar 1 zaten in totaal 255 leerlingen, waarvan 81 in een VMBO-t/Havo klas, 143 in een Havo/vwo klas en 31 in een vwo klas. In totaal stromen 7 leerlingen af, 2 hiervan blijven ook zitten. Er stroomt één leerling op. In leerjaar 2 zaten in totaal 245 leerlingen, waarvan 137 in een Havo klas en 108 in een vwo klas. In totaal stromen 45 leerlingen af, 3 hiervan blijven ook zitten. Er stroomt 1 leerling op. Voor VMBO-t zijn geen cijfers gegeven in leerjaar 2.

3.5 Cohort E*

Uit de resultaten van de gemiddelden van de verschillende schooljaren kwam het volgende: In leerjaar 1 was het gemiddelde van alle leerlingen 6,65 en voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,35; 6,95 en 6,65. Voor vwo gold voor het gemiddelde van alle vakken 7,11 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 7,01; 7,41 en 6,92. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle vakken een 6,69 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,40; 6,93 en 6,73. Voor VMBO-t gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,46 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,09; 6,86 en 6,42. In leerjaar 2 was het gemiddelde van alle leerlingen 6,36. Voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,25; 6,62 en 6,22. Voor vwo gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,38 en voor Nederlands en Engels en wiskunde (resp.) 6,37; 6,63 en 6,14. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle leerlingen 6,19 en voor Nederlands, Engels en wiskunde 5,97; 6,51 en 6,09. Voor VMBO-t gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,60 en voor Nederlands, Engels (resp.) 6,50; 6,77 en 6,55.

Uit de resultaten van de op- en afstroomcijfers schooljaren kwam het volgende: In leerjaar 1 zaten in totaal 417 leerlingen, waarvan 73 in een VMBO-t klas, 115 in een VMBO-t/Havo klas, 198 in een Havo/vwo klas en 31 in een vwo klas. In totaal stromen 7 leerlingen af. Niemand blijft zitten. Er stromen geen leerlingen op. In leerjaar 2 zaten in totaal 340 leerlingen, waarvan 136 in een VMBO-t klas, 102 in een Havo klas en 102 in een vwo klas. In totaal stromen 32 leerlingen af, 6 hiervan blijven ook zitten. Er stromen 7 leerlingen op.

3.6 Cohort F

Uit de resultaten van de gemiddelden van de verschillende schooljaren kwam het volgende: In leerjaar 1 was het gemiddelde van alle leerlingen 6,47. Voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,27; 6,55 en 6,59. Voor vwo gold

voor het gemiddelde van alle vakken 6,75 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,72; 6,71 en 6,83. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle vakken een 6,49 en voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,30; 6,54 en 6,63. Voor VMBO-t gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,36 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,10; 6,52 en 6,47. In leerjaar 2 was het gemiddelde van alle leerlingen 6,18. Voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 5,98; 6,66 en 5,90. Voor vwo gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,40 en voor Nederlands en Engels en wiskunde (resp.) 6,37; 6,67 en 6,17. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle leerlingen 5,95 en voor Nederlands, Engels en wiskunde 5,86; 6,77 en 5,22. Voor VMBO-t voor het gemiddelde van alle vakken 6,16 en voor Nederlands, Engels (resp.) 5,59; 6,50 en 6,41.

Uit de resultaten van de op- en afstroomcijfers schooljaren kwam het volgende: In leerjaar 1 zaten in totaal 404 leerlingen, waarvan 78 in een VMBO-t klas, 131 in een VMBO-t/Havo klas, 158 in een Havo/vwo klas en 37 in een vwo klas. In totaal stromen 19 leerlingen af. Niemand blijft zitten. Er stromen geen leerlingen op. In leerjaar 2 zaten in totaal 416 leerlingen, waarvan 168 in een VMBO-t klas, 120 in een Havo klas en 128 in een vwo klas. In totaal stromen 62 leerlingen af, 19 hiervan blijven ook zitten. Er stromen 12 leerlingen op.

3.7 Cohort G

Uit de resultaten van de gemiddelden van de verschillende schooljaren kwam het volgende: In leerjaar 1 was het gemiddelde van alle leerlingen 6,42 en voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,10; 6,81 en 6,33. Voor vwo gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,86 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,60; 7,07 en 6,92. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle vakken een 6,37 en voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,07; 6,88 en 6,15. Voor VMBO-t gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,38 en voor Nederlands, Engels en wiskunde (resp.) 6,02; 6,62 en 6,50. In leerjaar 2 was het gemiddelde van alle leerlingen 6,28 en voor Nederlands, Engels en wiskunde gold (resp.) 6,07; 6,68 en 6,07. Voor vwo gold voor het gemiddelde van alle vakken 6,51 en voor Nederlands en Engels en wiskunde (resp.) 6,17; 6,84 en 6,51. Voor havo gold voor het gemiddelde van alle leerlingen 6,14 en voor Nederlands, Engels en wiskunde 6,09; 6,95 en 5,40. Voor VMBO-t voor het gemiddelde van alle vakken 6,18 en voor Nederlands, Engels (resp.) 5,98; 6,31 en 6,25.

Voor dit cohort waren er geen opstroomcijfers beschikbaar.

In de tabellen 1 tot en met 8 staan de verschillen van de gemiddelden in indexcijfers. In de tabellen 9 en 10 is het percentage op-, af- en doorstromers af te lezen.

4. Conclusie

4.1 Cijfergemiddelden

Bij de gemiddelden is opgevallen dat cohort E* in leerjaar 1 een hoger gemiddelde had voor alle vakken, Nederlands, Engels en wiskunde dan alle andere cohorten, af te lezen uit tabel 1. Hetzelfde geldt voor leerjaar 1 havo. Hier waren ook de gemiddelden van het cohort E* hoger dan de andere cohorten, met uitzondering van cohort B bij het gemiddelde van wiskunde, daar was er geen verschil in gemiddelde (tabel 3). Het cohort E* had ook een hoger gemiddelde bij leerjaar 1 VMBO-t bij het gemiddelde van alle leerlingen en bij het gemiddelde van Engels, vergeleken met andere cohorten (tabel

4). Bij de gemiddelden van leerjaar 2 deed het cohort E* het beter dan alle andere cohorten. Bij het gemiddelde van alle leerlingen deed het cohort E* het op één jaar na (cohort D) beter dan alle andere cohorten. Bij de gemiddelden van Nederlands en Engels waren er drie cohorten die het beter deden en drie cohorten die het slechter deden dan het cohort E* (tabel 5). Bij de gemiddelden van leerjaar 2 VMBO-t doet heeft het cohort, kijkend naar het gemiddelde van Nederlands en Engels, een hoger gemiddelde (tabel 8).

Voor de uitkomsten van vwo 2 valt er weinig te zeggen, hier verschillen de resultaten heel erg. Bij de gemiddelden van alle leerlingen is het gemiddelde van het cohort E* slechts van twee cohorten hoger, de andere vier jaren hebben een hoger gemiddelde dan het cohort E*. Bij het gemiddelde van Nederlands hebben drie jaren een hoger en drie jaren een lager gemiddelde. Bij het gemiddelde van Engels hebben vier jaren een lager gemiddelde en twee jaren een hoger. Bij het gemiddelde van wiskunde hebben vijf jaren een lager gemiddelde en één jaar een lager gemiddelde vergeleken met cohort E* (tabel 6). Voor leerjaar 2 havo geldt ook dat de gegevens te verschillend zijn (tabel 7).

4.2 Op-, af- en doorstroomcijfers

Wat betreft de op-, af- en doorstroomcijfers valt op dat cohort E* in het eerste schooljaar geen enkele doublerende leerling zit. In andere jaren zitten bijna altijd doublerende leerlingen, met een gemiddelde van 10 doublanten per schooljaar per leerjaar. Met een percentage van 1,67% heeft cohort E* ook een van de laagste percentages afstromers. Ook stroomt geen enkele leerling op. In vergelijking met de andere cohorten is de verloop in Cohort E* dus klein (tabel 9). In het tweede schooljaar heeft cohort E* het laagste percentage afstromers en ook een van de hoogste percentages opstromers. Het percentage doublerende leerlingen ligt gemiddeld in vergelijking met de andere cohorten.

Deze uitkomsten zijn opvallend maar niet zomaar te verklaren. Cohort E* wijkt af van de gemiddelde op-, af- en doorstroomcijfers van andere cohorten. Wat betreft de gemiddelden is dit vooral zichtbaar bij het gemiddelde van alle leerlingen van leerjaar 1 (tabel 1). Ook is er een duidelijk verschil zichtbaar in leerjaar 1 havo (tabel 3). In de andere cohorten is er niet zo een groot verschil als in hierboven genoemde tabellen. Wat wel is opgevallen, is dat er bij veel tabellen het cohort E* wel minimaal bij één in de tabel genoemd gemiddelde het beter doet ten opzichte van andere cohorten (tabel 4, 5 & 8). Bij de andere tabellen valt er niet veel te zeggen, omdat daar de gegevens heel erg verschillen en er niet duidelijk naar voren komt of cohort E* het daar slechter of beter heeft gedaan. Hierdoor is niet aan te tonen of er een duidelijk verschil is. Wel is er na afloop van dit onderzoek een advies voor vervolgonderzoek naar voren gekomen: een groter en meer valide onderzoek naar dit onderwerp, want er is wel een verschil, maar dat is niet duidelijk genoeg. Om het vervolgonderzoek duidelijker te maken, zou er dus een grotere groep moeten worden gekozen waarbij wordt gekeken naar gemiddelden, afstroomcijfers en andere beïnvloedingsfactoren die de schoolprestaties van de leerlingen kunnen beïnvloeden, denk hier bijvoorbeeld aan thuissituatie en motivatie. Deze leerlingen moeten niet van slechts één school komen, maar er moet onderzoek gedaan worden naar meer scholen, zodat er een algemene en een hopelijk meer duidelijke conclusie kan worden getrokken. Deze conclusie zou hierdoor bijvoorbeeld

voor heel Nederland kunnen gelden en niet alleen voor één school in Nederland, dit omdat er dus gebruik wordt gemaakt van meerdere scholen en leerlingen.

5. Discussie

5.1 Onderzoeksgroep

Een onzekerheid is de stof die getoetst is in elk cohort. Zo zou het kunnen zijn dat het ene cohort andere toetsen en stof heeft gekregen dan de andere, wat tot andere gemiddelden kan leiden.

Naast het kunnen krijgen van andere stof was er ook door het ondertekenen van de geheimhoudingsverklaring slechts de gemiddelden te zien, zo was er niet te achterhalen wie er een klas is blijven zitten en wie er een klas heeft overgeslagen. De mogelijkheid is er dat opgestroomde leerlingen, die geen CITO-eindtoets hebben gedaan, zijn meegenomen in een cohort die wel een CITO-eindtoets hebben gemaakt en omgekeerd. Ook met de zittenblijvers is er deze mogelijkheid: leerlingen die zijn blijven zitten die wel een CITO-eindtoets hebben gemaakt en zijn afgestroomd kunnen zijn meegenomen in het cohort die geen CITO-eindtoets hebben gemaakt. Ook waren er enkele gaten bij de gemiddelden bij een paar leerlingen, waardoor het totale gemiddelde van alle leerlingen iets kan afwijken. Zo waren ook de resultaten van de gegevens van de cohorten A, B en C incompleet van leerjaar 2 VMBO-t. Dit geeft hierdoor een minder goed perspectief en kan hierdoor minder veel zeggen over het cohort E*, omdat er minder cohorten zijn die een verschil kunnen aangeven en kunnen laten zien of een cohort E* een hoger of lager gemiddelde heeft vergeleken met andere jaren. Voor dit vergelijken van de verschillende cohorten is er gekozen voor de eerste en tweede klas voor dit onderzoek. Dit omdat van andere leerjaren nog geen gegevens beschikbaar zijn. Het cohort 2019-2020, die dus geen CITO-eindtoets heeft gemaakt, zit nu in de derde klas. Aangezien er in dit onderzoek met gemiddeldes per jaar wordt gewerkt, kan de derde klas in dit onderzoek niet worden meegenomen. Deze gegevens van leerjaar 1 en 2 komen van één middelbare school: OSG Het Erasmus Almelo. Dit tast de validiteit aan, omdat er hierdoor geen harde conclusie te trekken valt over of cohort E* het slechter of beter heeft gedaan in heel Nederland en of dit dan zou kunnen liggen aan de CITO-eindtoets. In dit onderzoek komt alleen naar voren wat er op Het Erasmus wat betreft de schoolresultaten per cohort is veranderd vergeleken met het cohort E*. Hiernaast zijn de leerlingen die uiteindelijk naar Het Erasmus zijn gegaan, vanuit allemaal van verschillende basisscholen gekomen. Deze basisscholen hebben ook weer allemaal andere gewoontes en leermethodes: zo doet de ene basisschool aan klassikaal- en de andere aan montessorionderwijs. Als bijvoorbeeld het overgrote deel van leerjaar 1 komaf is van montessorionderwijs en leerjaar 2 van regulier onderwijs, of andersom, zou dit voor andere gemiddelden kunnen zorgen.

Ook zijn er bij uitzonderlijke gevallen leerlingen die geen CITO-eindtoets te maken, dit kan te maken hebben met moeilijk lerende leerlingen, meervoudig gehandicapt is of minder dan vier jaar in Nederland is en hierdoor de taal niet goed genoeg beheerst (Rijksoverheid, z.d.).

5.2 Externe factoren

De gemiddelden zouden door bepaalde factoren beïnvloed kunnen worden. Een beïnvloedingsfactor kan de thuissituatie zijn, dit kan dan bijvoorbeeld liggen spanningen thuis of

aan ouders die in een scheiding zitten. De zware stress die hierdoor ontstaat bij het kind zorgt ervoor dat het slecht presteert, ondanks dat het zijn best doet. Daarnaast kan het voor een ouder handig zijn als het kind aan mantelzorg doet of een bijbaantje heeft, waardoor de kans bestaat dat er een te grote druk wordt gelegd op het kind, wat negatief doorwerkt op de schoolprestaties. Ook kan het liggen aan te weinig communicatie tussen de ouders en de leerling over het belang van goede schoolprestaties. Als een kind in een omgeving opgroeit waarin onderwijs als een belangrijke factor voor succes in het latere leven wordt gezien, zorgt dit voor motivatie voor het kind om zijn best te doen op school. Echter als ouders te veel druk leggen op het kind om te presteren kan dit negatief werken op de schoolprestaties. Als ouders onrealistische verwachtingen opstellen voor de prestaties van het kind, weten de kinderen soms geen raad met die druk om goed te presteren. Hierdoor gaan zij het juist slechter doen op school (Redactie Even Dit, 2014). Naast de thuissituatie zijn ook andere beïnvloedingsfactoren. Bijvoorbeeld dat het kind niet oplet doordat het door drukke klasgenootjes wordt afgeleid. Wat wel positief werkt op de schoolprestatie van een kind, is om het kind naast een rustig, serieus persoon te zetten. Tevens kunnen de lessen voor de leerling saai zijn of weinig inspirerend. Hierdoor gaat een kind zich vervelen en let verder niet meer op. Dit resulteert in het achterlaten en onderprestatie van het kind. De leerstijl van de leerling en de manier van lesgeven van de leraar kunnen ook een rol spelen. Als deze niet goed op elkaar aansluiten, kan het kind belangstelling verliezen. Dit komt omdat het kind weinig stof krijgt toegereikt die op zijn leerstijl aansluit. Hierdoor kan het gemiddelde van het kind minder hoog zijn. Er kan ook sprake zijn van een sociale omgeving die een negatieve stempel drukt op het halen van goede cijfers. Groepsdruk kan hiervoor zorgen dat kinderen zich aanpassen aan hun omgeving om erbij te horen, waardoor er een anti-schoolhouding wordt aangenomen. Dit heeft ook negatieve gevolgen voor de vakkengemiddelden (Redactie Even Dit, 2014).

6. Bibliografie

Blok, H. (2019, 26 juni). Onderzoeksgegevens over opstroom en afstroom. OCO. <https://www.onderwijsconsument.nl/onderzoeksgegevens-over-opstroom-en-afstroom/>

College voor Toetsen en Examens (Red.). (2010). ALGEMEEN DEEL TOETSWIJZER VOOR EINDTOETS PO. file:///home/chronos/u-00227f0ac43965df991e064cdf5517a222530613/MyFiles/Dow nloads/Toetswijzer_eindtoets_po_algemeen_deel_27_aug_2014%20(1).pdf

Donkers, H. (1993). De waardevastheid van de Cito-toets. Radboud Universiteit.

Evenditredactie. (2014, 4 februari). Slechte cijfers halen op school door de thuissituatie. Even dit. . . nu. <https://nu.evendit.nl/onderwijs/slechte-cijfers-halen-op-school-door-de-thuissituatie/>

Evenditredactie. (2014, 5 februari). Onderpresteren door de situatie op school en daarbuiten. Even dit. . . nu. <https://nu.evendit.nl/onderwijs/onderpresteren-door-de-situatie-op-school-en-darbuiten/>

Kamerstuk 31289, nr. 272. Overheid.nl > Officiële bekendmakingen. (2015, 8 december). <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31289-272.html>

Ministerie van Algemene Zaken. (2023, januari 5). Verplichte eindtoets basisonderwijs. Schooladvies en eindtoets

basisschool | Rijksoverheid.nl. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/schooladvies-en-eindtoets-basisschool/verplichte-eindtoets-basisonderwijs>

Ministerie van Algemene Zaken. (2023, 6 januari). Schooladvies toelating voortgezet onderwijs. Schooladvies en eindtoets basisschool. Rijksoverheid.nl <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/schooladvies-en-eindtoets-basisschool/toelating-voortgezet-onderwijs-gebaseerd-op-definitief-schooladvies>

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. (2018, 13 juni). Welke factoren bij het basisschooladvies meewegen? Overgang van basisonderwijs naar voortgezet onderwijs. Inspectie van het onderwijs. <https://www.onderwijsinspectie.nl/onderwerpen/overgang/welke-factoren-meewegen>

Onderzoek naar corona en onderwijs, Nederlands Jeugdinstituut. (2022, 28 juli). <https://www.nji.nl/coronavirus/onderzoek-naar-corona-en-onderwijs>

Schumacher, M. B. M. S. (2022, december 12). Schooladvies groep 8: hoe komt het schooladvies tot stand? Wijzer over de Basisschool. <https://wijzeroverdebasischool.nl/uitleg/schooladvies>

Indexcijfers cohorten van alle leerlingen uit leerjaar 1	Gemiddelde alle leerlingen	Gemiddelde alle leerlingen Nederlands	Gemiddelde alle leerlingen Engels	Gemiddelde alle leerlingen wiskunde
E*	100	100	100	100
A	96,54	97,80	93,96	97,89
B	97,89	99,06	95,25	99,24
C	97,44	99,53	96,69	96,09
D	97,14	99,53	93,66	98,35
F	97,29	98,74	94,24	99,10
G	96,54	96,06	97,99	95,19

Figuur 1, tabel 1: indexcijfers gemiddelden leerjaar 1

Indexcijfers cohorten van leerjaar 1 vwo	Gemiddelde van alle leerlingen vwo	Gemiddelde Nederlands	Gemiddelde Engels	Gemiddelde wiskunde
E*	100	100	100	100
A	101,69	99,00	101,35	104,34
B	106,75	106,99	107,56	105,20
C	100,70	96,58	101,35	104,05
D	103,66	102,28	96,09	113,15
F	94,94	95,86	90,55	98,70
G	96,48	94,15	95,41	100

Figuur 2, tabel 2: indexcijfers gemiddelden leerjaar 1 vwo

Indexcijfers cohorten van leerjaar 1 havo	Gemiddelde van alle leerlingen havo	Gemiddelde Nederlands	Gemiddelde Engels	Gemiddelde wiskunde
E*	100	100	100	100
A	96,71	96,72	95,96	97,62
B	98,36	97,97	97,26	100
C	96,71	98,28	95,67	96,43
D	96,11	97,97	93,51	97,03
F	97,01	98,44	94,37	98,51
G	95,21	94,84	99,28	91,38

Figuur 3, tabel 3: indexcijfers gemiddelden leerjaar 1 havo

Indexcijfers cohorten van leerjaar 1 VMBO-t	Gemiddelde van alle leerlingen VMBO-t	Gemiddelde Nederlands	Gemiddelde Engels	Gemiddelde wiskunde
E*	100	100	100	100
A	91,49	96,88	84,55	94,08
B	91,80	95,89	85,42	94,86
C	95,51	101,48	80,76	90,03
D	95,67	100,16	92,57	94,86
F	98,45	100,16	95,04	100,77
G	98,76	98,85	96,50	101,25

Figuur 4, tabel 4: indexcijfers gemiddelden leerjaar 1 VMBO-t

Indexcijfers cohorten van alle leerlingen uit leerjaar 2	Gemiddelde van alle leerlingen	Gemiddelde Nederlands	Gemiddelde Engels	Gemiddelde wiskunde
E*	100	100	100	100
A	99,69	103,52	96,07	99,36
B	93,40	94,08	92,15	93,73
C	98,42	100,80	96,68	97,75
D	101,10	100,16	103,47	99,20
F	97,17	95,68	100,60	94,86
G	98,74	97,12	100,90	97,59

Figuur 5, tabel 5: indexcijfers gemiddelden leerjaar 2

Indexcijfers cohorten van leerjaar 2 vwo	Gemiddelde van alle leerlingen	Gemiddelde Nederlands	Gemiddelde Engels	Gemiddelde wiskunde
E*	100	100	100	100
A	99,37	102,51	97,13	100,81
B	93,10	93,89	97,44	96,09
C	98,11	104,87	98,94	103,58
D	102,66	101,41	106,03	100,32
F	100,31	100	100,60	100,49
G	102,03	96,86	97,74	106,03

Figuur 6, tabel 6: indexcijfers gemiddelden leerjaar 2 vwo

Indexcijfers cohorten van leerlingen leerjaar 2 havo	Gemiddelde alle leerlingen	Gemiddelde Nederlands	Gemiddelde Engels	Gemiddelde wiskunde
E*	100	100	100	100
A	101,45	107,37	96,16	101,31
B	93,21	96,82	88,48	94,58
C	96,77	99,16	95,70	95,40
D	100,65	101,01	103,99	96,88
F	96,12	99,66	103,99	85,71
G	99,19	102,01	106,76	88,67

Figuur 7, tabel 7: indexcijfers gemiddelden leerjaar 2 havo

Indexcijfers cohorten van leerlingen leerjaar 2 VMBO-t	Gemiddelde alle leerlingen	Gemiddelde Nederlands	Gemiddelde Engels	Gemiddelde wiskunde
E*	100	100	100	100
A	-	-	-	-
B	-	-	-	-
C	-	-	-	-
D	101,82	99,85	98,82	106,26
F	93,33	86,00	96,01	97,86
G	93,64	92,00	93,21	95,42

Figuur 8, tabel 8: indexcijfers gemiddelden leerjaar 2 VMBO-t

Cohort ↓	Totaal aantal leerlingen	Opstroom	Afstroom	Doublure
A	226	8 = 3,53%	15 = 6,64%	3 = 1,33%
B	255	4 = 1,57%	4 = 1,57%	4 = 1,57%
C	290	-	5 = 1,72%	5 = 1,72%
D	255	1 = 0,39%	7 = 2,75%	2 = 0,78%
E*	417	-	7 = 1,67%	-
F	404	-	19 = 4,70%	-
G	-	-	-	-

Figuur 9, tabel 9: op-/af-/doorstroomcijfers in procenten van het totaal aantal leerlingen uit leerjaar 1

Cohort ↓	Totaal aantal leerlingen	Opstroom	Afstroom	Doublure
A	177	2 = 1,13%	19 = 10,7%	3 = 1,69%
B	186	1 = 0,54%	31 = 16,67%	6 = 3,23%
C	220	-	49 = 22,27%	3 = 1,36%
D	245	1 = 0,41%	45 = 18,37%	3 = 1,22%
E*	340	7 = 2,01%	32 = 9,41%	6 = 1,77%
F	416	12 = 2,88%	62 = 14,91%	19 = 4,57%
G	-	-	-	-

Figuur 10, tabel 10: op-/af-/doorstroomcijfers in procenten van het totaal aantal leerlingen uit leerjaar 2

Het verschil tussen het effect van beweging en het effect van ademhalingsoefeningen op het concentratievermogen bij kinderen van 8 tot 11 jaar

L.J. de Roo¹, J.G. Terpstra², V.G.E. Glas³, A.A. ten Kate³, B. Bollen¹, P. Nijland², L. Holsbeeke³

¹Pius X College, Almelo

²Lyceum de Grondel, Hengelo

³Afdeling Pre-U-, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - In the last few decades, research has provided ample support for the assertion that both physical activity and breathing exercises separately improve the ability to concentrate. However, evidence for the difference between the two is limited. The purpose of this study was to gain insight in which of the following interventions, physical activity or breathing exercises, has more significant impact on the attention span of primary school children within the ages of 8 and 11.

This study consisted of 54 participants, of which 42,6% boys. Coordinative exercises and jogging were the type of physical activity used during the first week. The following week breathing videos of the site: 'rustmomentindeklas.nl' have been utilized. The attention span of pupils was assessed by the D-2 test before and after the 12-minute interval.

The results show a significant positive effect of both physical activity as well as breathing exercises. After analysing the results, a learning curve was noticed. With the help of a paired sample t-test a possible conclusion was drawn: breathing exercises might have more external impact on the ability to concentrate than physical activity. Although this cannot be said with certainty as it could also be due to other external factors. Implications for follow-up studies were discussed.

1. Introductie

De afgelopen jaren veranderen de onderwijsprogramma's op basisscholen veel. Er wordt meer rekening gehouden met de leerling als individu, beter nagedacht over de verdeling tussen inspanning en ontspanning en er worden speciale lessen gegeven ter verbetering van hun sociaal emotionele en cognitieve ontwikkeling (Nationale Onderwijsgids, 2021). Sinds 2019 zijn zelfs twee verplichte uren bewegingsonderwijs ingevoerd. In dit onderzoek wordt er gekeken naar twee mogelijkheden, die basisscholen kunnen bieden om het concentratievermogen mogelijk te verbeteren en worden de verschillen onderling bekeken. Er zijn al veel onderzoeken naar dit desbetreffende onderwerp gedaan (Welman, 2014) (Janssen 2014), wat echter in al deze onderzoeken ontbrak is het verschil tussen de invloed van beweging en de invloed van ademhalingsoefeningen op het concentratievermogen van basisschoolleerlingen tussen de 8 en 11 jaar. In deze onderzoeken is er namelijk een dusdanig verschillend format en methode gebruikt met verschillende (externe) variabelen waardoor de onderzoeken niet te vergelijken zijn. Om dit verschil wel te kunnen onderzoeken wordt de volgende onderzoeksvraag gehanteerd: "Wat is het verschil tussen het effect van beweging en het effect van ademhalingsoefeningen op het concentratievermogen bij kinderen van 8 tot 11 jaar?"

Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden wordt er een literair overzicht gegeven op de volgende punten: concentratie, concentratie bij kinderen, persoonsafhankelijke factoren die het concentratievermogen beïnvloeden, het effect van beweging op het concentratievermogen, het effect van ademhalingsoefeningen op concentratievermogen en verschillende concentratietesten. Eveneens wordt de methode, resultaten, conclusie en discussie besproken.

1.1 Concentratie

1.1.1 Definitie

Wanneer mensen zich concentreren, bundelen zij gericht hun

aandacht. Concentratie is een intense en gerichte vorm van aanhoudende aandacht. (Das-Smaal, E. A., Leeuw, L. de, & Orlebeke, J. F., 1987). Van Dalen en Algra (2008) stellen dat uit het één het ander voortvloeit doordat "ergens aandacht aan schenken alleen lukt als je een zekere rust hebt om een prikkel uit de omgeving bewust op te nemen." Bij concentratie zijn een drietal dingen belangrijk. 1. Het bewust richten van de aandacht op de informatieverwerking 2. Het volhouden van deze aandacht 3. Het gericht verdelen van de aandacht wanneer er tegelijkertijd verschillende prikkels binnenkomen. (Synapse, 2021)

1.1.2 Biologische kijk

Tijdens het concentreren verandert de elektrische activiteit in de hersenen. Dit gebeurt in het buitenste gedeelte van het brein, de neocortex. Doordat deze elektrische activiteit veranderd worden er neurotransmitters afgegeven. Neurotransmitters zijn signaalstoffen die zenuwimpulsen overdragen en daarmee informatie doorgeven. De neurotransmitter die wordt afgegeven heet acetylcholine (ACh). Het aanmaken van meer neurotransmitters verbetert de overdracht van signalen in de hersenen, wat resulteert in een betere concentratie en geheugen (VU University Amsterdam, 2011). Daarmee hebben neurotransmitters invloed op het concentratievermogen. De afgifte van neurotransmitters vindt vooral plaats in het cholinerge systeem welke bestaat uit clusters, dat zijn groepen cellen van dezelfde neuronen bij elkaar die samenwerken, van cholinerge neuronen (A. Suryanarayanan, 2014). Deze clusters geven een acetylcholine af. Williams en QBI-onderzoeker Lee Fletcher stelden vast dat daarmee cholinerge systeem als een hoofdschakelaar werkt die de neuronen in de hersenen aan- en uitzet. (Williams & Fletcher, 2018)

Zenuwcellen worden ook wel neuronen genoemd. Ze geven impulsen aan elkaar door middel van het lozen van neurotransmitters in de synapsen. Een synaps is de plaats waar twee neuronen contact met elkaar maken. Deze neurotransmitters

worden als impuls opgevangen in een dendriet van het neuron en wordt doorgegeven aan de axon, de afvoerende uitloper. Zo kan ACh als neurotransmitter impulsen van de ene zenuwcel naar de andere zenden (zie figuur 1 en 2). (Pastore, 2020)

Uit onderzoek van het Mulier Instituut (2014) is gebleken dat naast het niveau van acetylcholine de niveaus van de neurotransmitters adrenaline, noradrenaline en dopamine direct na het sporten aanzienlijk hoger ligt dan voor het sporten. Alle drie zijn het zowel hormonen als neurotransmitters. Adrenaline verhoogt de alertheid en geeft meer energie. In dit onderzoek wordt geconcludeerd dat acetylcholine, dopamine, noradrenaline en adrenaline een belangrijke rol spelen in de relatie tussen lichaamsbeweging en leerprestaties.

Ook ademhaling heeft invloed op de aanmaak van neurotransmitters, voornamelijk op de aanmaak van noradrenaline. Noradrenaline zorgt er – net als adrenaline – voor dat er nieuwe verbindingen worden aangemaakt in de hersenen. De manier waarop we ademen heeft daarmee een directe invloed op de chemie van onze hersenen, op een manier die onze concentratie en de gezondheid van onze hersenen kan verbeteren. (Michael Melnychuk e.a. 2018)

1.2 Concentratie bij kinderen

Het concentratievermogen vertoont een aanzienlijke ontwikkeling tijdens de vroege kinderjaren; de periodes van aanhoudende aandacht worden langer en de afleidbaarheid die optreedt wordt verminderd wanneer kinderen ouder worden. (Richards & Cronise, 2000; Richards & Turner, 2001; Reynolds & Richards, 2008)

Uit onderzoek van Janssen (2014) blijkt dat een actieve pauze (beweging), evenals een passieve pauze (luisteren naar een verhaal) tussen leertaken, een positief effect heeft op de selectieve aandacht van kinderen tussen 10 en 11 jaar. Selectieve aandacht zorgt ervoor dat er geconcentreerd kan worden op taakrelevante informatie, terwijl taakirrelevante informatie wordt genegeerd. Dit is belangrijk voor het leren in de vroege kindertijd en de cognitieve ontwikkeling. (Pashler, Johnston, & Ruthruff, 2001) Kinderen worden met toenemende leeftijd beter in het toepassen van selectieve aandacht. Tevens weten ze beter wanneer ze het moeten gebruiken. (Hagen & Hale, 1973)

De maximale concentratie verschilt per individueel kind. Gemiddeld kan een kind van 8 jaar zich gedurende 15 minuten concentreren. Bij kinderen van 10 jaar, is dit ongeveer 20 minuten. Zowel de tijd van aandacht, als de moeilijkheidsgraad van een opdracht gaat omhoog met de leeftijd. Hoe ouder het kind wordt, des te hoger de verwachte concentratie is. (Menselijk Lichaam, 2017)

De concentratieboog van kinderen tussen de 8 en 11 jaar is vooral afhankelijk van de duur van hun slaap. Daarnaast is een regelmatige levensstijl van belang voor het functioneren van het concentratievermogen bij deze leeftijdscategorie. (Batejat et al., 1999)

1.3 Persoonsafhankelijke factoren die het concentratievermogen beïnvloeden

Aangezien dit paper gaat over het onderzoeken van concentratie bij kinderen is het ook belangrijk om rekening te houden met factoren die van invloed kunnen zijn op de uitkomst van een concentratietest. Volgens verschillende onderzoeken zijn de hieronder genoemde factoren van grote invloed. (Miriam van der Berg, Kirsten Nijhof, Jan-Willem van Noord, Hielke

Wijnia, 2012) (Pol Ghesquière, Bert Boets, Els Gadeyne & Ellen Vandewalle KU Leuven, 2010)

1.3.1 AD(H)D

ADHD staat voor Attention Deficit Hyperactive Disorder en is een veelvoorkomende afwijking op het gebied van de werking van de hersenen. Het gebied in de hersenen waar de afwijking voorkomt, is de frontale cortex. Door de afwijking is er minder bloeddoorstroming, waardoor er een tekort aan neurotransmitters ontstaat. Neurotransmitters zorgen voor het kanaliseren en doorgeven van impulsen, zodat informatie snel kan worden verwerkt. Dit tekort aan neurotransmitters zorgt daardoor voor een lagere activiteit in de hersenen, waardoor onder andere plannen en organiseren moeilijker gaan dan bij een persoon zonder ADHD. Ook is het vasthouden van de concentratie en focus op die taken lastiger. Hierdoor kunnen leerproblemen, geheugenstoornissen, impulsiviteit en hyperactiviteit ontstaan (Miriam van der Berg et al., 2012). Daarnaast bestaat er ook een vorm van ADHD waarbij hyperactiviteit niet in het gedrag zichtbaar is, maar als innerlijke onrust in de vorm van oncontroleerbare gedachtestromen wordt ervaren. Dit subtype wordt ook wel ADD genoemd, omdat de hyperactieve kenmerken voor omstanders niet zichtbaar zijn. Door het ervaren van veel lichamelijke onrust hebben ook personen met ADD last van concentratiestoornissen, wel in mindere mate dan mensen met ADHD. (Miriam van der Berg et al., 2012)

1.3.2 Dyslexie

Wanneer er sprake is van hardnekkige problemen in de ontwikkeling van de lees- en spellingvaardigheid spreken we van dyslexie. De prevalentie van deze ernstige lees- en spellingproblemen wordt geschat op 9%, waarvan 40% dyslexie heeft (Protocol Dyslexie Diagnostiek & Behandeling, 2006). Stichting Dyslexie Nederland ofwel het SDN hanteert de definitie: ‘een stoornis die gekenmerkt wordt door een hardnekkig probleem met het aanleren en/of vlot toepassen van het lezen en/of het spellen op woordniveau’. Dyslexie heeft echter niet alleen invloed op de lees- en spellingprestaties, ook andere vaardigheden die nodig zijn om te leren gaan vaak moeilijk, zoals het onthouden en begrijpen van instructies én het onthouden van stof die geen logica of samenhang vertoont. (Pol Ghesquière et al., 2004)

Uit onderzoek blijkt dat kinderen met dyslexie meer problemen hebben zich te concentreren. M. Kinsbourne (1986) stelt vast dat de moeilijkheden van dyslectici met symmetrische letters (b/d) gezien kunnen worden als een aandachtsprobleem. Dit komt omdat bij dyslectici de rechterhersen helft veel meer activiteit vertoont dan de linkerhelft van de hersenen, door een storing in de aanmaak van neurotransmitters. Ze ervaren (concentratie) problemen omdat de taalcentra zich in de linkerhersen helft bevinden. (Schijndel, 2012)

1.3.3 Vermoeidheid

Wanneer mensen vermoeid zijn kunnen zij ook last hebben van concentratie- en geheugenproblemen. (Jens P. Nilsson, Marie Söderström, Andreas U. Karlsson, Mats Lekander, Torbjörn Åkerstedt, Nina Erixon Lindroth, John Axelsson, 2004) Bijvoorbeeld snel afgeleid zijn, zich minder goed kunnen concentreren op taken, en daardoor ze vaak minder goed kunnen onthouden. Een te korte slaapduur heeft vooral effect op het cognitief functioneren. (Jens P. Nilsson et al., 2004). Recent onderzoek toonde aan dat de executieve functies, gelokali-

seerd in de prefrontale cortex, het meest gevoelig zijn voor een slaapttekort. (Hersenstichting, 2022) Executieve functies zijn processen in je brein die je gedrag reguleren. (Huizinga & Smids, 2017) Voorbeelden hiervan zijn aandacht functies en inhibitie. Uit de masterthesis van Viletta Visser aan de Universiteit Leiden (2008), blijkt dat bij kinderen tussen de acht en elf jaar er nog geen significante veranderingen in het werkgeheugen te vinden zijn wanneer het kind 1 nacht slecht geslapen heeft. Dit gebeurt gemiddeld pas wanneer het kind langer dan 4 dagen of langer een slechte nachtruist heeft gehad. Uit het onderzoek van Marsha E. Bates en Edward P. Lemay (2004) blijkt dat wanneer een persoon een slechte nachtruist heeft gehad, deze minder zal presteren op een concentratietest. De effectgroottes waren groter in studies met jongere deelnemers, wat kan worden verklaard door ingrijpende veranderingen in de prefrontale cortex tijdens de vroege adolescentie. (Julia F Dewald 1, Anne M Meijer, Frans J Oort, Gerard A Kerkhof, Susan M Bögels, 2010)

1.4 Effect beweging op concentratievermogen

In verschillende onderzoeken naar het effect van beweging op het concentratievermogen zijn positieve associaties gevonden (Kikkert, 2015; Budde, 2008; Stegeman, 2007; Carlson e.a., 2008; Owen e.a., 2016). Zo blijkt uit het onderzoek van Stegeman (2007) dat fysieke activiteit leidt tot een toename van de doorbloeding in verschillende gebieden in de hersenen. Dit zorgt ervoor dat kinderen beter kunnen leren, gemakkelijker hun aandacht kunnen richten en de concentratie toeneemt. Scherder (2015) beschrijft daarentegen dat beweging niet bij ieder kind tot een verbetering van de concentratie leidt. Kinderen die geen moeite hebben om zich te concentreren, hebben niet altijd baat bij extra beweegmomenten. Het Mulier Instituut (2014) concludeert uit verschillende onderzoeken naar het effect van bewegen in het basisonderwijs op het concentratievermogen dat er nog niet eenduidig en voldoende bewijs is. Dit komt doordat er weinig goed gecontroleerde studies zijn uitgevoerd. Concentratie is vaak subjectief gemeten door bijvoorbeeld observaties van de docent. Daarnaast laten kwalitatief sterkere studies vaak een minder groot effect zien dan kwalitatief minder sterke studies.

Zoals eerder benoemd in het kopje concentratie, kan een eventuele verbetering van het concentratievermogen komen door de belangrijke rol die acetylcholine, dopamine, noradrenaline en adrenaline spelen in de relatie tussen lichaamsbeweging en leerprestaties.

Er is geen eenduidigheid over het effect van verschillende maten van intensiteit van de fysieke activiteit. (Mulier Instituut, 2014) Echter, toont Hillmann (2009) wel aan dat het effect het grootst is als kinderen bij een matig tot intensief niveau actief zijn, zoals joggen, passen en dribbelen (Janssen, 2014). Beweging gericht op coördinatioefeningen heeft met name effect op de scores van testen om concentratie te meten in vergelijking met andere oefeningen. Coördinatioefeningen kunnen delen van de hersenen stimuleren die verantwoordelijk zijn voor aandacht en concentratie. (Budde e.a., 2008)

1.5 Effect ademhalingsoefeningen op concentratievermogen

Uit gedrags- en beeldvormend onderzoek is gebleken dat ontspanningsoefeningen, waaronder ademhalingsoefeningen, verband hebben met verbeteringen die het frontale aandachtstelsel activeren en versterken. (Hölzel et al., 2011; Lazar et al., 2005;

Luders, Toa, Leport, & Gaser, 2009; Vestergaard-Poulsen et al., 2009) Napoli et al (2005) vond significante verschillen in aandacht tussen de experimentele groep na de oefeningen en de controlegroep, die daar niet aan deelnam. Volgens Michael Melnychuk e.a. (2018) kan dit komen doordat ademhaling de werking van het brein stimuleert via neurotransmitters. Als gevolg daarvan verhoogt het concentratievermogen.

Welman (2014) heeft vervolgonderzoek gedaan over dit effect en toonde aan dat de interventie van ontspanningsoefeningen effect had op de concentratie in basisschoolklassen door middel van een zogenoemde aandachtstaak, die is afgeleid van de D2-test. De onderzoeker maakte gebruik van video's van de site: 'www.ruistmomentindeklas.nl', waarin de participanten werden meegenomen met een bepaalde ademhaling.

Onderzoekers van het Trinity College Institute of Neuroscience en het Global Brain Health Institute van Trinity geven bewijs voor het verband tussen ademhalingsoefeningen en het concentratievermogen. Bovendien wordt er gezegd dat het mogelijk is om het concentratievermogen te stabiliseren door ademhalingsoefeningen. (2018)

1.6 Concentratietesten

Om het concentratievermogen te meten en dus ook het verschil tussen het effect van de twee factoren, kan er gebruik gemaakt worden van een concentratietest. Er zijn veel psychologische testen die het mogelijk maken om de mate van aandacht en concentratie te meten. Hieronder worden de drie meest voorkomende benoemd.

1.6.1 Bourdon-Wiermatest

De Bourdon-Wiermatest is een in Nederland veel gebruikte aandachtconcentratietest, waarbij je uit rijen met groepen stipjes de groepen met vier stipjes moet doorstrepen. De Bourdon-Voestest heeft hetzelfde principe, alleen dan is het bedoeld voor kinderen tussen de 6 en 17 jaar. Er werd veel bezwaar gedaan naar de Bourdon-Voestest, zo werd er gezegd dat de onderzoeker een te grote invloed zou hebben op de uitkomst, maar het onderzoek van Kaldenbach (2015) laat zien dat het bezwaar ongefundeerd is. Echter kent de test inmiddels verouderde normgegevens en is toe aan een vernieuwde, representatieve hernormering. Ook moet deze test door een professional worden uitgevoerd. (Dijk, z.d.)

1.6.2 D-2 test

De d-2 test is een instrument voor het meten van de visuele selectieve aandacht, snelheid van informatieverwerking en concentratievermogen. De test bestaat uit een eenvoudige testopgave, waarbij in een reeks letters met verticale streepjes binnen korte tijd zoveel mogelijk letters 'd' met exact twee streepjes moeten worden geselecteerd. De papieren versie van de d2 is al jaren een vast onderdeel van veel (neuro)psychologisch onderzoek. Het wordt niet alleen ingezet voor klinisch onderzoek, maar ook voor bijvoorbeeld sportpsychologie. Deze test is geschikt voor mensen tussen de 8 en 80 jaar. (Hogrefe, 2014.)

1.6.3 TEA-Ch test

Een andere veelgebruikte aandacht- en concentratietest is de TEA-Ch. De test bestaat uit negen subtests, waarvan 5 auditief, en geeft een beeld van responsinhibitie, aandachtscntrole/switching, volgehouden aandacht en selectieve aandacht. De test moet worden afgenomen door klinische, ontwikkelings- en kinderpsychologen, ergotherapeuten, remedial teachers,

interne begeleiders op scholen of schoolpsychologen die zijn getraind in de afname en interpretatie van psychologische testen in een één-op-één situatie in een rustige kamer. (Test of Everyday Attention for Children (TEA-Ch) | Nederlands Jeugdinstituut, z.d.)

2. Materiaal en Methode

Voor dit onderzoek is gekozen voor de D-2 test (zie figuur 3), omdat deze test zowel kwantitatieve als kwalitatieve aspecten van aandacht meet én deze geschikt is voor kinderen vanaf 8 jaar, in tegenstelling tot andere concentratietesten. De test bestaat uit een eenvoudige testopgave, waarbij in een reeks letters met verticale streepjes binnen korte tijd zoveel mogelijk letters 'd' met exact twee streepjes moeten worden geselecteerd.

Als doelgroep waren leerlingen van de basisscholen IKC Erve Hooijerink in Delden of 't Letterveld in Almelo geselecteerd. Deze leerlingen vielen binnen de leeftijdscategorie 8 tot 11 jaar en zaten in groep 5 of groep 7. Deze doelgroep is geselecteerd vanwege de leeftijdscategorie en op basis van een overleg met het bestuur van de scholen waaruit bleek dat deze kinderen erg gemotiveerd waren, waardoor de kans op lage inzet verkleind werd. Uiteindelijk hebben 54 participanten deelgenomen aan het experiment waarvan in totaal 23 jongens en 31 meisjes. Op grond van gesprekken met leerkrachten en de directeur zijn voorafgaand aan het onderzoek de volgende dingen gesteld; enkel de voornamen van de leerlingen zullen worden gebruikt in verband met de privacy en elke test duurt precies 2 minuten en 30 seconden.

De dataverzameling was op de volgende manier georganiseerd. De totale dataverzameling bestond uit 2 testdagen met in totaal 4 D-2 testen. Op de eerste dag kregen de participanten voorafgaand aan de eerste concentratietest een enquête (zie figuur 4), met vragen naar algemene informatie, zoals hun leeftijd en hun voornaam én een vraag over hoe ze de afgelopen dagen hadden geslapen. Zie afbeelding 4. Aan deze nachtruist konden ze een cijfer geven van 1 tot en met 10. Nadat de leerlingen de enquête ingevuld hadden kregen zij een oefentest. Dit waren 3 regels van een d-2 test. Hierdoor konden de leerlingen oefenen met het invullen van een d-2 test en kon er gecontroleerd worden of elke participant de concentratietest begreep. Een D-2 test bestaat uit allemaal letters d en p met daar onder en boven streepjes. De leerlingen moesten enkel de letters d met twee streepjes omcirkelen; de doelstimuli.

Na afloop van de oefentest kregen de leerlingen test 1. Deze werd ondersteboven werd uitgedeeld. De leerlingen konden op de achterkant hun naam schrijven en op een aangegeven moment konden zij het blad omdraaien en beginnen. Na 2,5 minuut werd aangegeven dat de tijd om was, waarna elke leerling het blad weer ondersteboven draaide en deze op de hoek van zijn of haar tafel legde. Na het afnemen van test 1 gingen de leerlingen gezamenlijk 12 minuten joggen en coördinatie-oefeningen doen. Na 12 minuten gingen de leerlingen weer naar hun eigen plek en werd test 2 afgenomen. Test 2 was dezelfde soort concentratie test, alleen de volgorde van de stimuli stonden in een andere, random volgorde ten opzichte van test 1 om herkenning te voorkomen. Ook deze werd weer ondersteboven uitgedeeld en hiervoor kregen de leerlingen 2,5 minuut. Een week later, op precies dezelfde dag en hetzelfde tijdstip kregen de participanten voorafgaand dezelfde enquête als in week 1. Hierdoor hadden de leerlingen zich op beide dagen in de lessen al ongeveer evenveel geconcentreerd, waardoor dat

onze resultaten zo min mogelijk kon beïnvloeden. De participanten kregen ook weer een oefentest. Deze werd niet alleen gebruikt om het geheugen van de participanten weer op te frissen, dit zorgde er ook voor dat de leerlingen zich op beide testdagen zo veel mogelijk in gelijke mate geconcentreerd hadden. Na afloop van de oefentest kregen de leerlingen test 3. Ook deze werd weer ondersteboven uitgedeeld en hiervoor kregen de leerlingen weer 2,5 minuut. Na afloop van test 3 werden er ademhalingsoefeningen van de site rustmomentindeklas.nl gedaan. Hiervoor zijn de filmpjes "adembol" en "handmassage" gebruikt, omdat deze gezamenlijk 12 minuten duurden en deze geschikt waren voor de leeftijdscategorie 8 t/m 12 jaar. Hierna kregen de participanten test 4. Ook hiervoor kregen ze 2,5 minuut en deze werd wederom ondersteboven uitgedeeld. Uiteindelijk hebben we 196 aantal testen verzameld, deze zijn geanalyseerd op de volgende wijze. De gemaakte testen zijn na afloop eerst zorgvuldig nagekeken. Er is tijdens het nakijken onderscheid gemaakt in type fouten, omissie- en commissiefouten. De omissiefouten zijn overgeslagen doelstimuli en de commissiefouten zijn de fout geselecteerde doelstimuli.

Van de verzamelde testen konden wij uiteindelijk 184 dus in totaal 46 participanten resultaten meenemen. Dit kwam omdat sommige leerlingen de eerste week wel aanwezig waren en de tweede week niet of andersom. Doordat deze resultaten de gemiddelde waardes zouden beïnvloeden hebben wij ervoor gekozen deze niet mee te nemen.

3. Resultaten

Uit dit onderzoek zijn de volgende gegevens gekomen:

1. Het aantal goed omcirkelde doelstimuli binnen de 2,5 minuut (de concentratieprestatie CP)
2. De snelheid van werken (de verwerkingssnelheid VS) welke werd bepaald door het laatst geselecteerde doelobject.
3. Het foutenpercentage dat werd berekend door het totaal aantal fouten (ommissiefouten + commissiefouten) te delen door het aantal verwerkte doelstimuli (VS).

In dit onderzoek is gekeken naar de CP.

Omdat in de verschillende testen de doelstimuli in een willekeurige volgorde stonden, konden er in de ene test dus meer juiste antwoorden worden omcirkeld dan in de andere test. Dit zorgde voor een CP dat niet met elkaar te vergelijken was. Wanneer een participant bijvoorbeeld in beide testen even ver was gekomen, kwam er bij de ene test een hoger CP uit dan bij de andere test, terwijl in principe de mate van concentratie volgens de D-2 test gelijk zou moeten zijn. Om de uitkomsten op een juiste manier met elkaar te vergelijken is van elke test een alternatieve concentratie prestatie berekend (ACP). Hierbij is er gekeken naar de CP ten opzichte van test 1. De alternatieve concentratieprestaties konden onderling wél vergeleken worden. Ze worden vanaf nu als volgt genoemd; de ACP behorend bij test 1 heet ACP1, behorend bij test 2 heet ACP2 en zo verder (zie figuur 5).

Bij het vergelijken van de ACP's kwam er een p-waarde uit die kleiner was dan 0,01 ($p > 0,01$) (zie figuur 6). In dit onderzoek wordt een p-waarde van 0,05 als grens van statistische significantie gehanteerd. Indien de p-waarde groter of gelijk is aan 0,05 ($p \geq 0,05$), dan kan het gevonden resultaat te veel afhankelijk zijn van toeval. Doordat in ons onderzoek er p-waarde van kleiner dan 0,01 uit kwam betekent dit dat er sprake is van een hoge significantie.

Als eerst is er gekeken naar het gemiddelde onderlinge ver-

schil (zie kolom verschil, figuur 6). Om te controleren of er een significant verschil zit tussen de gemiddelde ACP's is er gebruik gemaakt van een paired sample t test. Hierbij is te zien dat er elke keer, ook bij de nulmetingen (ACP 3 en ACP1) een significante verbetering plaatsvindt ($p < .001$).

Er is dus sprake van een verbetering tussen de nulmetingen (ACP1 en ACP3), dit duidt op een leercurve. Door de leerlingen op basis van de ACP-score op test 1 te rangschikken, is het verschil van de leerlingen op basis van hoe goed zij scoorden tijdens de eerste test te zien. Er is gekeken naar de 20% best scorende leerlingen tijdens test 1 en de 20% slechtst scorende leerlingen. Hierbij is te zien dat de leercurve per groep verschilt. Bij de 20% best scorende leerlingen zit er bijvoorbeeld minder verschil tussen ACP2 en ACP3, dan bij de 20% slechtst scorende leerlingen (zie figuur 7).

Om toch iets te kunnen zeggen over het verschil is er getoetst hoe goed de variabelen (in ons geval de ACP1 en ACP3) onze afhankelijke variabele verklaren. Uit deze test komt een t waarde. Hoe hoger deze t waarde is, hoe signifikanter de twee ACP's afhankelijk zijn van elkaar. Ook komt er een onafhankelijke variabele uit. Dit staat voor de richtingscoëfficiënt van de regressie. Om de significantie van de afhankelijkheid te bekijken, is deze niet relevant.

Als eerst is er ACP2 als afhankelijke variabele genomen. Er is te zien dat ACP2 significant afhangt van ACP1 ($t=15,1$; $p < .001$). Daarna is ACP4 als afhankelijke variabele genomen. Hier is te zien dat ACP4 ook significant afhankelijk is van ACP3 ($t=3,4$; $p=0,001$), maar minder significant dan dat ACP2 afhankelijk is van ACP1 (t waarde $3,4 < 15,1$). Als laatste is er ook gekeken naar de afhankelijkheid van de uitkomst ten opzichte van de leeftijd en het verschil in de kwaliteit van slaap. Hierbij was er geen significante afhankelijkheid te vinden ($t=0,5$; $p=0,649$ (leeftijd) $t=0,6$; $p=0,569$ (verschil in kwaliteit van slaap)) (zie figuur 8).

4. Conclusie

ACP2 hangt met een t-waarde van 15,1 af van ACP1. ACP4 hangt met een t-waarde van 3,4 af van ACP3. Dit wil zeggen dat de ACP2 signifikanter afhankelijk is van ACP1 dan dat ACP4 van ACP3 is. Dit zou kunnen betekenen dat de externe invloed van ademhalingsoefeningen groter is, aangezien de uitslag van ACP4 minder te relateren is aan de score ACP3. Dit is echter wel moeilijk te zeggen, omdat dit ook door andere externe factoren zou kunnen komen én er duidelijk sprake is van een 'learningcurve'. Deze leercurve kan per leerling verschillen en het is daarom is het moeilijk om hier uitspraken over te doen.

Hierdoor is de vraag: wat is het verschil tussen het effect van beweging en het effect van ademhalingsoefeningen op het concentratievermogen bij kinderen van 8 tot 11 jaar niet met zekerheid te beantwoorden, maar er is een mogelijkheid dat ademhalingsoefeningen een grotere invloed heeft op het concentratievermogen dan beweging.

5. Discussie

Tijdens dit onderzoek is gebruik gemaakt van de d2 aandacht- en concentratietest om het concentratievermogen te meten. Aangezien deze test al jaren gebruikt wordt als vast onderdeel van neurologisch onderzoek, zou deze test betrouwbaar zijn om tot valide resultaten te komen. Dit komt onder andere door de grote gelijkenissen tussen doel- en niet doel-stimuli. Het vergt een grote concentratie om deze te kunnen onderscheiden

binnen een beperkte tijd. De groepsgrootte van de onderzochte groep is te klein om ook een conclusie voor een gehele populatie te kunnen trekken.

Bovendien, is de foutmarge, met een steekproef van uiteindelijk 46 personen, gelijk aan 14,08% (bij een betrouwbaarheidsniveau van 95%). Daarmee wordt duidelijk dat de foutmarge te groot is om een conclusie te trekken dat voor een grote populatie kinderen tussen de 8 en 11 jaar op de basisschool. Dus zou voor een betrouwbaarder onderzoek het aantal proefpersonen zeker vergroot moeten worden. Helaas was het bij dit experiment niet haalbaar een grotere onderzoeksgroep te verwerven.

Aan het onderzoek hebben kinderen deelgenomen binnen de leeftijdscategorie van 8 en 11 jaar. Rond deze leeftijd zijn de kinderen erg wisselend qua inzet per schoolvak. Met andere woorden; zij zullen beter hun best doen bij vakken die ze leuk vinden dan bij vakken die ze niet leuk vinden. (Mechtild Derriks, 2002) Zelf gaven de leerlingen aan het bewegen vele malen leuker te vinden dan de ademhalingsoefeningen. Hierdoor zouden de participanten zich meer en beter ingezet kunnen hebben bij het bewegen en de concentratietest daarna dan bij de ademhalingsoefeningen om de reden dat zij deze vorm van ontspanning minder leuk vonden. Hierdoor zouden de resultaten beïnvloed kunnen zijn wanneer er gekeken wordt naar het verschil tussen het effect van bewegen en het effect van ademhalingsoefeningen op het concentratievermogen. Echter kan het wel helpen om een antwoord te vormen op de vraag; "wat is de beste manier om het concentratievermogen te verbeteren?" aangezien de inzet van kinderen dan wel van belang is.

Er is sprake van een verbetering van de score op de nulmeting (ACP1 en ACP3) bij de testen. Tussen beide nulmetingen is er een gemiddelde verbetering te zien van 12.74, terwijl er hetzelfde resultaat verwacht zou worden. Dit verschil laat zien dat er sprake is van een zogenoemde 'learningcurve'. Dit houdt in dat de leerlingen, ondanks de oefentesten vooraf, gedurende de testen beter gaan begrijpen hoe de test werkt en een manier ontwikkelen waardoor zij hoger zullen scoren dan de testen daarvoor. Hier is rekening mee gehouden tijdens de verwerking van de resultaten en de conclusie, echter kan deze leercurve per leerling verschillen en is de manier waarop er rekening mee gehouden is slechts een benadering.

Om deze leercurve eruit te halen, wordt er voor vervolgonderzoek aangeraden om dergelijk onderzoek te doen, maar om dan in twee groepen te werken. Waarbij de ene helft eerst gaat bewegen en daarna ademhalingsoefeningen uitvoert en de andere helft het omgekeerde. Hierdoor kan er worden gekeken of het verschil tussen test 1 en 2 groter is dan bij test 3 en 4 of dat dit komt door een exponentiële leercurve. Daarnaast wordt er geadviseerd om een grotere groepsgrootte te onderzoeken, helemaal omdat de groep gesplitst wordt. Er wordt gesuggereerd om te werken met ongeveer 100 participanten voor een foutmarge van 10% en een betrouwbaarheidsniveau van 95%. Om een betrouwbare conclusie te geven op de vraag: "Wat is het verschil tussen het effect van beweging en het effect van ademhalingsoefeningen op het concentratievermogen bij kinderen van 8 tot 11 jaar?" is er meer vervolgonderzoek nodig.

6. Bibliografie

Batejat, D., Lagarde, D., Navelet, Y., & Binder, M. (1999). Évaluation de la capacité d'attention chez 10000 enfants scolarisés âgés de 8 à 11 ans. *Archives de Pédiatrie*, 6(4),

406–415. [https://doi.org/10.1016/s0929-693x\(99\)80222-x](https://doi.org/10.1016/s0929-693x(99)80222-x)

Bates, M. E., & Lemay, E. P. (2004). The d2 Test of Attention: Construct validity and extensions in scoring techniques. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10(03). <https://doi.org/10.1017/s135561770410307x>

Berg, M. van der, Nijhof, K., Noord, J. van, & Wijnia, H. (z.d.). Het verschil een kopje kleiner maken? <https://studenttheses.uu.nl/bitstream/handle/20.500.12932/16711/Artikel%20PGO,%20Het%20verschil%20een%20kopje%20kleiner%20maken%20-%20totaaldocument.pdf?sequence=1>

Bewegingsonderwijs basisschool verplicht. Hoe gaat dit in zijn werk? (2021, 1 april). MQ Scan. <https://mqscan.nl/bewegingsonderwijs-basisschool/>

BiNaS : Tabel 88G (6de editie). (2013). Noordhoff Uitgevers.

Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietraßyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., & Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience Letters*, 441(2), 219–223. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.06.024>

Carlson, S. A., Fulton, J. E., Lee, S. M., Maynard, L. M., Brown, D. R., Kohl, H. W., & Dietz, W. H. (2008). Physical Education and Academic Achievement in Elementary School: Data From the Early Childhood Longitudinal Study. *American Journal of Public Health*, 98(4), 721–727. <https://doi.org/10.2105/ajph.2007.117176>

Cijfers over jeugd in het algemeen | Nederlands Jeugdinstituut. (2022, 29 december). <https://www.nji.nl/cijfers/jeugd-algemeen>

D2 - d2 Aandachts- en concentratietest – Hogrefe, psychologische, testuitgeverij, boeken, tests, psychologie, psychotherapie. (z.d.). <https://www.hogrefe.com/nl/shop/d2-aandachts-en-concentratietest.html>

Dewald, J. F., Meijer, A. M., Oort, F. J., Kerkhof, G. A., & Bögels, S. M. (2010). The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: A meta-analytic review. *Sleep Medicine Reviews*, 14(3), 179–189. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2009.10.004>

Diagnostiek en indicatiestelling van dyslexie en dyslexiebehandeling. (2008, november). Stichting Dyslexie Nederland. <https://www.stichtingdyslexienederland.nl/publicaties/brochures-sdn/diagnostiek-en-indicatiestelling-van-dyslexie-en-dyslexiebehandeling>

Dijk, L. van. (z.d.). immo Handleidingen voor de tests - PDF Free Download. Adoc.pub. <https://adoc.pub/immo-handleidingen-voor-de-tests.html>

Een zenuwcel. (z.d.). Herseninstituut. <https://herseninstituut.nl/wp-content/uploads/2022/10/een-zenuwcel.png>

Ghesquière, P., Boets, B., Gadeyne, E., & Vandewalle, E. (2011). Dyslexie: een beknopt wetenschappelijk overzicht. *Jongvolwassenen met dyslexie: Diagnostiek en begeleiding in wetenschap en praktijk*, 41–54.

Hagen, J. W., & Hale, G. A. (1973). The Development of Attention in Children. *ETS Research Bulletin Series*, 1973(1), i–37. <https://doi.org/10.1002/j.2333-8504.1973.tb00453.x>

Hasselmo, M. E. (2006). The role of acetylcholine in learning and memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 16(6), 710–715. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2006.09.002>

Hersenstichting. (2022, 9 september). Vermoeidheid. <https://www.hersenstichting.nl/gevolgen-van-een-hersenaandoening/vermoeidheid/>

Hillman, C., Pontifex, M., Raine, L., Castelli, D., Hall, E., & Kramer, A. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, 159(3), 1044–1054. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2009.01.057>

Hölzel, B. K., Lazar, S. W., Gard, T., Schuman-Olivier, Z., Vago, D. R., & Ott, U. (2011). How Does Mindfulness Meditation Work? Proposing Mechanisms of Action From a Conceptual and Neural Perspective. *Perspectives on Psychological Science*, 6(6), 537–559. <https://doi.org/10.1177/1745691611419671>

Hyman, S. E. (2005). Neurotransmitters. *Current Biology*, 15(5), R154–R158. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.02.037>

Infant heart rate: A developmental psychophysiological perspective. (z.d.). In *Developmental psychophysiology: Theory, systems, and methods* (pp. 173–212).

Janssen, M., Chinapaw, M., Rauh, S., Toussaint, H., van Mechelen, W., & Verhagen, E. (2014). A short physical activity break from cognitive tasks increases selective attention in primary school children aged 10–11. *Mental Health and Physical Activity*, 7(3), 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2014.07.001>

Kaldenbach, Y. (2015). Het meten van volgehouden selectieve aandacht bij kinderen en jongeren. *GZ - Psychologie*, 7(7), 8–12. <https://doi.org/10.1007/s41480-015-0053-6>

Kikkert, C. (2016). Bewuste beweegmomenten in de klas. *Jenaplan.nl*. <https://www.jenaplan.nl/userfiles/files/meesterstukken/Bewegen-ritmiek-concentratie.pdf>

Kinsbourne, M. (1986). Models of dyslexia and its subtypes [ResearchGate]. In *Dyslexia: Neuropsychology and Treatment* (pp. 165–180). Wiley. https://www.researchgate.net/publication/303406290_Models_of_dyslexia_and_its_subtypes

Lall, S. (2022, 31 mei). How does the brain focus? MIT McGovern Institute. <https://mcgovern.mit.edu/2019/03/14/ask-the-brain-how-does-the-brain-focus/>

Lazar, S. W. (2005). Mindfulness research. *Mindfulness and psychotherapy*, 22, 220–238.

Luders, E., Toga, A. W., Lepore, N., & Gaser, C. (2009). The underlying anatomical correlates of long-term meditation: Larger hippocampal and frontal volumes of gray matter. *NeuroImage*, 45(3), 672–678. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.12.061>

Melnichuk, M. C., Dockree, P. M., O'Connell, R. G., Murphy, P. R., Balsters, J. H., & Robertson, I. H. (2018). Coupling of respiration and attention via the locus coeruleus: Effects of meditation and pranayama. *Psychophysiology*, 55(9), e13091. <https://doi.org/10.1111/psyp.13091>

Menselijk Lichaam. (2017, 3 maart). Concentratie | Psychologie. <https://www.menselijklichaam.nl/psychologie/concentratie/>

Mulier Instituut, & Collard, D. (z.d.). Effecten van sport en bewegen op de basisschool. *Allesinbeweging.net*. <https://allesinbeweging.net/storage/2357/2017-Mulier-Instituut---Effecten-sport->

Napoli, M., Krech, P. R., & Holley, L. C. (2005). Mindfulness Training for Elementary School Students. *Journal of Applied School Psychology*, 21(1), 99–125. https://doi.org/10.1300/j370v21n01_05

Nationale Onderwijsgids. (2021, 4 januari). Belangrijkste veranderingen in 2021 voor het basisonderwijs.

<https://www.nationaleonderwijsgids.nl/basisonderwijs/nieuws/56651-belangrijkste-veranderingen-in-2021-voor-het-basisonderwijs.html>

Nilsson, J. P., Soderstrom, M., Karlsson, A. U., Leka-
nder, M., Akerstedt, T., Lindroth, N. E., & Axelsson, J. (2005). Less effective executive functioning after one night's sleep deprivation. *Journal of Sleep Research*, 14(1), 1–6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2005.00442.x>

Owen, K. B., Parker, P. D., Van Zanden, B., MacMil-
lan, F., Astell-Burt, T., & Lonsdale, C. (2016). Physical Ac-
tivity and School Engagement in Youth: A Systematic Review
and Meta-Analysis. *Educational Psychologist*, 51(2), 129–145.
<https://doi.org/10.1080/00461520.2016.1151793>

Pashler, H., Johnston, J. C., & Ruthruff, E. (2001). At-
tention and Performance. *Annual Review of Psychology*, 52(1),
629–651. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.629>

Reynolds, G. D., & Romano, A. C. (2016). The De-
velopment of Attention Systems and Working Memory in
Infancy. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2016.00015>

Reynolds, G. D., & Richards, J. E. (2008). Infant
heart rate: A developmental psychophysiological perspective.
In L. A. Schmidt & S. J. Segalowitz (Eds.), *Developmental
psychophysiology: Theory, systems, and methods* (pp. 173–
212). Cambridge University Press.

Richards, J. E., & Cronise, K. (2000). Extended Visual
Fixation in the Early Preschool Years: Look Duration, Heart
Rate Changes, and Attentional Inertia. *Child Development*,
71(3), 602–620. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00170>

Richards, J. E., & Turner, E. D. (2001). Extended
Visual Fixation and Distractibility in Children from Six to
Twenty-Four Months of Age. *Child Development*, 72(4), 963–
972. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00328>

Ruïtmoment in de klas. (2022, 3 december). Een mo-
mentje ruït met kinderen. ... <https://www.ruïtmomentindeklas.nl/>

Schijndel, E. van. (2012). “State of the Art Neuro-
transmitters” van pijn naar geluk. Nutramin.nl. https://www.nutramin.nl/media/wysiwyg/Syllabi_NSA_Congres/NSA-NTNM-PDF-2012_neurotransmitters.pdf

Smidts, D. P. (2018). Zelfsturing in de klas: over aan-
dacht, executieve functies en ruït. Nieuwezijds.

Steekproefcalculator. (2020, 11 februari). CheckMar-
ket. <https://nl.checkmarket.com/steekproefcalculator/>

Stegeman, H. (2007). Effecten van sport en bewegen
op school. Een literatuuronderzoek naar de relatie van fysieke
activiteit met de cognitieve, affectieve en sociale ontwikkeling.

Test of Everyday Attention for Children (TEA-Ch)
| Nederlands Jeugdinstituut. (z.d.). <https://www.nji.nl/instrumenten/test-of-everyday-attention-for-children-tea-ch>

Van der Niet, A. G., Smith, J., Scherder, E. J., Oos-
terlaan, J., Hartman, E., & Visscher, C. (2015). Associations
between daily physical activity and executive functioning in
primary school-aged children. *Journal of Science and Med-
icine in Sport*, 18(6), 673–677. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.006>

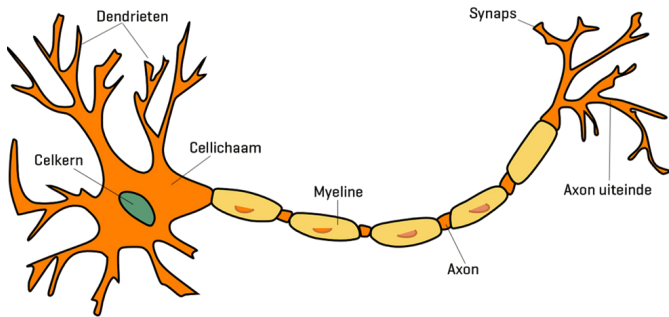
Van Heijst, L. (2022, 8 augustus). T-test begrijpen,
uitvoeren (SPSS) en het resultaat interpreteren. Scribbr. <https://www.scribbr.nl/statistiek/t-toets/>

Vestergaard-Poulsen, P., van Beek, M., Skewes, J.,
Bjarkam, C. R., Stubberup, M., Bertelsen, J., & Roepstorff,
A. (2009). Long-term meditation is associated with increased

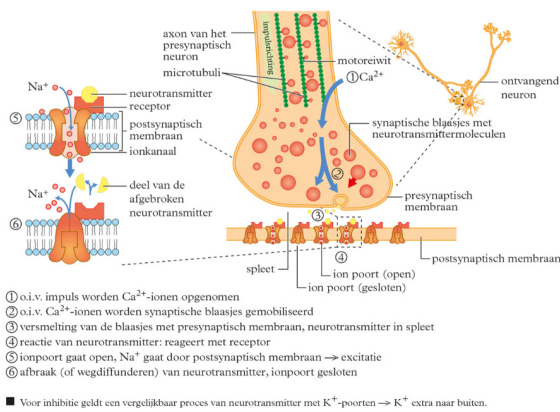
gray matter density in the brain stem. *NeuroReport*, 20(2),
170–174. <https://doi.org/10.1097/wnr.0b013e328320012a>

Viletta, V. (2012, 31 augustus). De invloed van slaap
op het werkgeheugen van kinderen in de leeftijd van acht t/m
elf jaar | Student Repository. <https://hdl.handle.net/1887/20347>

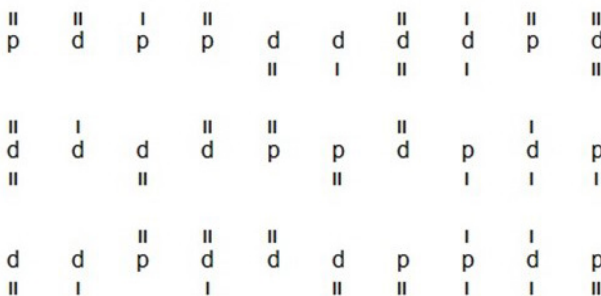
Welman, T. C. (2014, 27 juni). Ontspanningsprogram-
ma voor kinderen op de basisschool: Effect op aandacht en
concentratie in de klas. <https://studenttheses.uu.nl/bitstream/handle/20.500.12932/22265/Welman%2c%20T.%204218833.pdf?sequence=2&isAllowed=y>



Figuur 1, een zenuwcel



Figuur 2, bouw en werking synaps



Figuur 3, D-2 concentratietest

Enquête leerlingen onderzoek concentratievermogen

Vragen voorafgaand aan het onderzoek naar de invloed van beweging en ademhalingsoefeningen op het concentratievermogen bij kinderen tussen de 8 en 12 jaar

Naam:

Leeftijd:

Geslacht: Jongen Meisje

Hoe heb je afgelopen nachten geslapen?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

slecht -----> goed

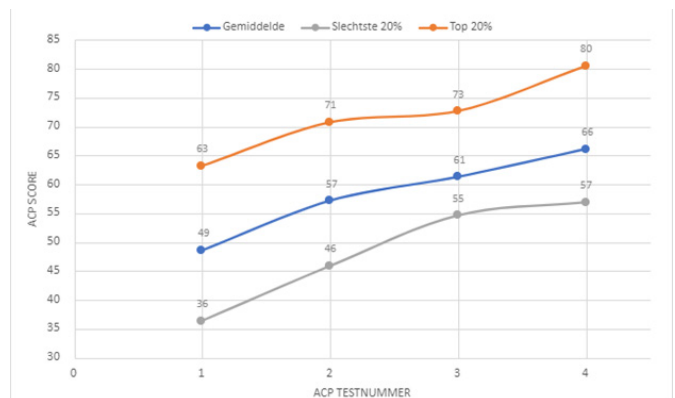
Figuur 4, enquête leerlingen

ACP1	Week 1	Voor beweging
ACP2	Week 1	Na beweging
ACP3	Week 2	Voor ademhaling
ACP4	Week 2	Na ademhaling

Figuur 5, overzicht ACP-testen

Pair	ACP	Verschil	Significantie	
			One-Sided p	Two-Sided p
Pair 1	ACP2 – ACP1	8,6	<,001	<,001
Pair 2	ACP4 – ACP3	4,0	<,001	<,001
Pair 3	ACP3 – ACP1	12,7	<,001	<,001

Figuur 6, paired sample t-test



Figuur 7, grafiek verloop alternatieve concentratieprestatie

	t	p
Onafhankelijke variabele	3,0	,005
ACP1	15,1	<,001

a. Afhankelijke variabele: ACP2

	t	p
Onafhankelijke variabele	1,3	,216
ACP3	3,4	,001

b. Afhankelijke variabele: ACP4

	t	p
Onafhankelijke variabele	,06	,952
ACP3	3,1	,003
Leeftijd	,5	,649
Slaapverschil	,6	,569

c. Afhankelijke variabele: ACP4

Figuur 8, paired sample t-test afhankelijke variabele

The potential usage of tryptophan nanobubbles for crossing the blood-brain barrier guided by focused ultrasound to deliver drugs for Alzheimer's disease

L.M.J. Bonke¹, M.A.E. Wassink², M.J. Onstenk³, M.N.A. Bijman³, L. Holsbeeke³

¹CSG Reggesteyn, Nijverdal

²SG De Waerdenborch, Holten

³Afdeling Pre-U-, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Wereldwijd is de ziekte van Alzheimer een steeds vaker voorkomende aandoening, waar nog weinig effectieve behandelingen voor zijn. Dit is het gevolg van de bloed-hersenbarrière, die selectief stoffen doorlaat, waardoor veel medicijnen falen deze barrière te passeren. In dit paper is het gebruik van tryptofaan nanobubbles gevuld met een medicijn tegen de ziekte van Alzheimer, die de bloed-hersenbarrière doorkruisen aan de hand van focused ultrasound, onderzocht. Momenteel is het gebruik van nanobubbles in combinatie met focused ultrasound de enige succesvolle wijze, waarop medicijnen de aangetaste plekken in de hersenen kunnen bereiken. Door het toepassen van tryptofaan als de buitenkant van een nanobubble, kan de nanobubble zowel fungeren als vervoerder van het medicijn over de bloed-hersenbarrière als ook een stof met een positieve werking op de serotonine verhouding, die verstoord wordt door de ziekte. Door middel van een literatuuronderzoek is er onderzocht of een tryptofaan nanobubble in theorie succesvol zal zijn om de bloed-hersenbarrière te doorkruisen door te kijken naar de bijbehorende parameters. Dit zijn de structuur, de afmetingen en het zeta potentiaal van de nanobubble en ook de frequentie, de druk, de puls lengte en de duur van de focused ultrasound. Uit dit paper volgt dat tryptofaan inderdaad succesvol kan zijn om de bloed-hersenbarrière te passeren, wanneer er wordt voldaan aan de onderzochte parameters voor zowel de stabiliteit van de nanobubble als voor de toegepaste focused ultrasound.

1. Introduction

Alzheimer's disease (AD) is an age-related progressive neurodegenerative disorder characterized by impairment of cognitive function, a decline of memory, and behavioural and personality changes (Selkoe, 2001) and is one of the greatest medical care challenges of our century. In total, 50 million people are estimated to suffer from dementia throughout the world, and this number is supposed to become twice as much every 20 years, until approximately 2050 (Yiannopoulou & Papegeorgiou, 2012). Generally, AD is a complex multifactorial disease of which the mechanisms remain incompletely understood. One of the main problems is delivering drugs for AD by crossing the blood-brain barrier. Therefore, this study aims to answer the main factors that play an important role in crossing the complex blood-brain barrier by using nanobubbles targeted by focused ultrasound, with the following research question: 'How do you theoretically get a tryptophan nanobubble filled with an Alzheimer's drug cross the blood-brain barrier using focused ultrasound?' The speculation is that it is possible to deliver the tryptophan nanobubbles by using the optimal parameters for the nanobubbles and focused ultrasound to disrupt the blood-brain barrier (BBB).

2. Theoretical framework

2.1 The onset of AD

The molecular basis of AD has always been highly debated, but studies have shown that the neuropathology of AD involves two neurodegenerative processes: the deposition of extracellular amyloid β -peptide ($A\beta$), i.e., amyloidogenesis, and the formation of intracellular tangles composed of hyper-phosphorylated tau protein, causing neurofibrillary degeneration (Walsh & Selkoe, 2007) (figure 1). Meaning that neurons will slowly become inactive, which creates ventricles and shrinking of the brain, causes the lack in memory. The amyloid or senile plaques, surrounding and damaging the neurons, are

constituted chiefly of highly insoluble and proteolysis-resistant peptide fibrils produced by β -amyloid ($A\beta$) cleavage. $A\beta$ peptides with $A\beta_{38}$, $A\beta_{40}$, and $A\beta_{42}$ are the most common variants produced after the sequential cleavage of the large precursor protein amyloid precursor protein (APP) by the 2 enzymes, β -secretase (BACE1) and γ -secretase. Nonetheless, $A\beta$ is not formed if APP is first acted on and cleaved by the enzyme α -secretase instead of β -secretase. According to the "amyloid hypothesis" $A\beta$ production in the brain initiates a cascade of events leading to the clinical syndrome of AD. Tau protein is a microtubule-associated protein that binds microtubules in cells to facilitate the neuronal transport system. Microtubules also maintain growing axons necessary for neuronal development and function. Abnormally hyperphosphorylated tau forms insoluble fibrils and folds into intraneuronal tangles. As a consequence, it uncouples from microtubules, inhibits transport, and results in microtubule disassembly. Progressive neuronal destruction leads to shortage and imbalance between various neurotransmitters (e.g., serotonin) and to the cognitive deficiencies seen in AD (Walsh & Selkoe, 2007).

2.1 Serotonin imbalance with AD

Prominent changes in AD brain expand far beyond $A\beta$ and tau, with a disrupted serotonergic neurotransmitter system as one of the most prominent neurochemical alterations, which is involved in but not restricted to emotional and cognitive dysfunction. Multiple studies revealed that selective serotonin reuptake inhibitors (SSRI), which act on the serotonin transporter (SERT) (figure 2), relieve both behavioural and cognitive phenomena in AD patients, among which aggression and anxiety. The crucial amino acid tryptophan forms the basis for the synthesis of serotonin (5-HT). It is estimated that only 1% of dietary tryptophan is used for serotonin synthesis in the brain, (Rambali et al., 2003; Sandyk, 1992) but despite the relatively low concentration of brain serotonin compared to that in the

rest of the body, it has a broad impact as a neurotransmitter and neuromodulator and has been implicated in numerous psychiatric conditions and psychological processes (Jones, 1982). Studies have shown that with AD the serotonin concentration is lower than compared with a healthy person, which causes probably most of the psychological symptoms of AD.

2.2 Blood-brain barrier

In the past two decades, many candidate compounds, antibodies or therapeutic genes have been developed for either A β or tau-targeted treatment of AD. Although showing great promise in vitro, most of them failed in clinical trials due to the presence of the blood-brain barrier (BBB). The blood-brain barrier (BBB) is a physiologic, selective and semipermeable barrier that separates circulating blood from the extracellular fluid in the central nervous system (CNS). Through tight junctions between endothelial cells and a number of transporters (e.g., efflux transporters and nutrient transporters), the BBB controls the movement of ions and molecules between the blood and the brain, maintains brain homeostasis and protects the brain from toxins, pathogens, inflammation, injury and disease. (Cheng et al., 2019)

2.3 Nanobubbles and focused ultrasound

In addition to the complexity of brain diseases, the lack of efficient technologies to deliver drugs across the BBB hinders CNS drug development. Both small molecules and macromolecules are investigated as effective therapeutic agents to treat various brain diseases (Goyal et al., 2017). However, only small molecules that are lipid soluble and have a molecular weight < 400 Da can cross the BBB; most macromolecules cannot penetrate the brain endothelium. This physiological hurdle of the BBB stops 95% of molecules for drug development (Banks, 2016).

At the moment, the only method capable of non-invasive, transient and local opening of the BBB is focused ultrasound (FUS) combined with microbubbles or nanobubbles (NB) (Tsai et al., 2018).

Accumulating evidence in AD animal models indicates FUS-NB drug delivery is safe and effective. Therefore, this study focuses on nanobubbles, since they have a higher chance of crossing the BBB than microbubbles, because of their size. In this study nanobubbles are defined as bubbles with a size between 10-999 nm. Although there is a lot of discussion about these parameters as measurements to call it a nanobubble.

2.4 Focused ultrasound

Inducing FUS as a technique for opening the BBB has been promising for non-invasively and local delivery of drugs into the brain (figure 4). There is a general procedure for this technique (Wei et al., 2013). The procedure begins with targeting a specific region of the brain. In the case of AD, usually the hippocampus or the dorsolateral prefrontal cortex is used in trials. The hippocampus is a crucial region for learning and memory and its subregions are involved in the generation of episodic memory (Zhang et al., 2019). The dorsolateral prefrontal cortex is mostly associated with functions including working memory, planning and selective attention (Pouliopoulos et al., 2020; Funahashi, 2017). Secondly, nanobubbles will be injected intravenously. Then FUS will be applied at the region which is targeted. This results in the opening of the BBB instantaneously by using short pulse lengths. Those vary between 0,1, 1

and 10 ms (Cheng et al., 2019; Konofagou et al., 2012; Yan et al., 2021; Bing et al., 2018). Thereafter the tryptophan nanobubbles filled with O₂ and a drug against AD will be injected intravenously. The drug is filled with O₂ since it synthesizes with tryptophan to serotonin (Fanciulli et al., 2020). The injection is followed by depositing of the molecule through the BBB opened region instantaneously. FUS-induced BBB disruption procedures are often conducted under magnetic resonance imaging guidance of MRI for precisely targeting of the brain region, but also for evaluating BBB opening and closure (Nance et al., 2014; Marty et al., 2012). Between the short pulse lengths there is a short period of rest, called the pulse duration. This all combined constitutes the procedure that results in opening the BBB non-invasively, selectively, transiently and single application opened (figure 8.a & b). In addition to that, recovery of the BBB is faster when ultrasound is used in the procedure (Konofagou et al., 2012). Experiments have shown that there are no long-term effects on the blood count values and no long-term changes in complete blood count, cell count or blood chemistry after the FUS-procedure (Pouliopoulos et al., 2022).

2.5 Purpose of this paper

This paper aims to find a new outer core for nanobubbles filled with a drug for AD to cross the BBB. An outer core that at all times has an effective result on the disease, whether it enhances the drug or even when the drug fails. Since tryptophan is a major part of the serotonin imbalance, which is known that this imbalance could negatively lead to symptoms of AD, leading to the imagination that an outer core of a nanobubble also can be used as a drug on its own. Therefore, the essential amino acid tryptophan will be examined in this paper.

The possibility of using tryptophan as an outer core and as the success of crossing the BBB as a stable nanobubble is based on several mechanisms. The main mechanisms for nanobubble stability are: the bioavailability, which is the ability of a substance or drug that gets into the systemic circulation, the measurements of the nanobubble and the zeta surface potential, which is the size of the charge attraction between particles (Bunkin et al., 2021). The main parameters for the FUS are: the frequency, the pressure, the pulse length and the duration.

3. Method and material

The optimal parameters for the nanobubble and the focused ultrasound are investigated through a literature study. To investigate the optimum parameters for the nanobubble and the focused ultrasound, the most important requirements have been investigated, which are the four main mechanisms for nanobubble stability and the main parameters for the FUS.

To show how the sources have been selected, the PRISMA Flow diagram (figure 5) has been used. The sources can be found in Google Scholar and PubMed with the following keywords:

- Alzheimer's disease
- Amyloid plaques and tangles
- Blood-brain barrier
- Tryptophan
- Serotonin
- Nanobubble parameters
- Focused ultrasound parameters
- Targeted drug delivery
- Zeta potential

- FUS BBB

The PRISMA Flow diagram shows why certain sources have been selected or not. Studies meeting any of the following criteria were excluded:

Papers that have been published before 2018. To maintain the validity of this study, papers that have been published before 2018 were excluded, since they were not found accurate anymore, because of the fast-growing field. When a paper that has been published since 2018 referred to a paper before 2018, it is believed to be still accurate, because the paper has been revised with knowledge since 2018 and the aim is to refer to the original source.

Review articles. This study only uses primary sources and since review articles are not primary sources, they were excluded. Since this study can be seen as a review article, it is not possible to use other review articles, because that would lead to a review of review articles.

Chapters of books. This was for the same reason as with the review articles.

The articles written in another language than Dutch or English, because otherwise there will be a language barrier in understanding these concepts.

The article did not cover nanobubbles, but only microbubbles. This study is about nanobubbles crossing the BBB, not microbubbles. And since microbubbles have different properties, they were excluded. If an article mentioned both nanobubbles as microbubbles, then the article was still used, when the information also applied for nanobubbles.

If the article did not cover the influence of FUS on BBB, then it was excluded. This study is about focused ultrasound, so the article had to be about the influence of FUS on BBB. The usage of other forms of ultrasound were excluded for the same reason.

4. Results

4.1 Bioavailability

According to the Lipinski rule of 5, which predicts the bioavailability of the nanobubble, the outside of the nanobubble must meet the following requirements: no more than 5 hydrogen donors, no more than 10 hydrogen acceptors, molecular mass of less than 400 Da and logP, which indicates how hydrophilic or hydrophobic the molecule is, lower than 5 and 10 or less rotatable bonds (Ivanović et al., 2020).

The amino acid tryptophan has 3 hydrogen donors, 3 hydrogen acceptors, molecular mass of 204 Da, logP of -1,06 and 3 rotatable bonds (National Center for Biotechnology Information, 2023). Therefore, the bioavailability of the tryptophan nanobubble will be high. As shown in figure 3, which involves the molecule structure of tryptophan.

4.2 Measurements of the nanobubble

The size of the nanobubble is crucial to the effectiveness of crossing the BBB. Since nanobubbles are smaller than microbubbles, they have a higher chance of penetrating deeper tissues. But the nanobubbles need to be large enough to have distinctive effect for the mechanical disruption of the BBB. The gas that is used has also an influence on the diameter of the nanobubble. All the data of the following papers (Cheng et al., 2019; Yan et al., 2021; Bing et al., 2018) has been arranged in a box and whisker plot (figure 9). To determine the optimal size of the nanobubbles, is the average of the series taken. To create a stable nanobubble the size of the nanobubble will

be between 300 and 500 nm. This means that the nanobubble will be probably small enough to penetrate the deeper affected tissues of the brain, but it will be large enough to mechanically disrupt the BBB. It is important that the nanobubbles are monodisperse to create stable nanobubbles. There are several filtration and sorting techniques to form the nanobubbles or monodisperse lipid-coated nanobubbles can be formed directly in a flow-focusing device. The formed nanobubbles are filled with the low-aqueous solubility gas O₂, with a solubility of 9,1 mg/L water at a partial pressure of 1 atm (T = 20 °C). To prevent foam bubble formation, which is the process where there are also unstable nanobubbles formed, the freshly formed nanobubbles with an initial volume V_i need to be filled precisely with the amount of O₂ gas as corresponding to the volume of the stable bubble V_r. This can be calculated as follows:

$$\frac{p_{O_2}}{P_i} = \frac{n_{O_2} R_G T_i}{P_i V_i}$$

with R_G being the ideal gas constant and T_i being the temperature during bubble formation (Segers et al., 2020).

4.3 Zeta potential

In order to create a stable nanobubble, the zeta potential is also important. The zeta potential is the potential, which is created when the nanobubble moves through a liquid, where the ions within the boundary move with the nanobubble and the ions beyond the boundary do not move with the nanobubble. The higher the potential, the more stable the nanobubble will be. To create a stable nanobubble, the zeta potential must be lower than -5 mV or higher than 5 mV (Yan et al., 2021; Mi et al., 2022; Ficiarà et al., 2020). To find out the specific zeta potential for the tryptophan nanobubble, this can only be measured when the nanobubble is made. Therefore, it is not possible to give theoretical specific parameters.

4.4 The main parameters for FUS

To investigate the optimal parameters for the frequency and the pressure of the focused ultrasound, all the data from the following papers (Cheng et al., 2019; Mi et al., 2022; Bing et al., 2018; Pouliopoulos et al., 2020) have been arranged in a scatter chart (figure 7). During the application focused ultrasound exposures, nanobubbles within the focal volume will oscillate at the driving frequency and harmonics. The strength of the harmonic oscillations is associated to the pressure in the focal volume. As the pressure increases, the bubbles oscillate in an increasingly non-linear manner. This non-linear oscillatory motion causes acoustic emissions at even, odd, and sub-harmonics of the fundamental driving frequency. For an ultrasound transducer with a central frequency of f₀, cavitation detection is usually performed on its harmonics (n×f₀, n=1, 2, 3...) or sub-/ ultra-harmonics (n×f₀, n=0.5, 1.5, 2.5...) (Cheng et al., 2019). This creates waves, whereby the nanobubble will move up and down, causing the mechanical disruption of the BBB. As shown in the chart, the optimal frequency is 0,75 MHz and the optimal pressure is between 0,5-0,9 MPa. To investigate the optimal parameters for the pulse length and duration there have been used multiple parameters according to various research: the pulse length needs to be between 0,1 ms - 10 ms. Mostly used in experiments are 0,1 ms, 1 ms, 2,5 ms and 10 ms. When the pulse length increases, the frequency will decrease, which results in a higher resolution image. High frequencies can therefore be used for imaging small, superfi-

cial structures at shallow depths and high resolution. Meaning that high frequencies can be used to evaluate the effect of the procedure (Lucas et al., 2014).

For targeting the area of the hippocampus and the dorsolateral prefrontal cortex, there will be needed low-intensity FUS. The beams of low intensity ultrasound energy cause the oscillating of the intravenously administered bubbles, resulting in acoustic cavitation and a transient opening of tight junctions in capillaries and the BBB (Rezai et al., 2020). For pulse duration often used is the duration of 120 s. Increasing pulse length will result in a narrower range of optimal pressures (Tran et al., 2018).

5. Conclusion

This research concludes the following findings. Firstly, it can be concluded that a tryptophan nanobubble can cross the BBB, because it complies with the Lipinski rule of 5. Meaning that the molecule structure of tryptophan can be used as the outside of the nanobubble. Secondly, concerning the measurements of the nanobubble, the size must be between 300-500 nm to be small enough to penetrate the deeper affected tissues of the brain, but it will be large enough to mechanically disrupt the BBB. The needed amount of O₂ gas in the nanobubble can be formulated using formula 1. Then, for the stability of the nanobubble, the zeta potential must be lower than -5 mV or higher than 5 mV. Lastly, the optimal parameters for FUS are the following. The frequency must be 0,75 MHz and the optimal pressure is between 0,5-0,9 MPa. The pulse length needs to be between 0,1 ms and 10 ms and for pulse duration often a duration of 120 s is used. Therefore, it can be concluded that it is possible for tryptophan to be an outer core for a nanobubble filled with a drug for AD to cross the BBB.

6. Discussion

The last years, there has been an increase in research to nanobubbles. Although it is a field which has become more popular, there is still not much data to work with. This has been a major limitation in this study, since it is a theoretical study. The sources used come from recognized sites, which contain scientific papers from renowned researchers and therefore increase the validity of the sources used in this paper. Also, through the usage of primary resources, the accuracy of the results has been increased. Although there has been made use of primary resources, the results concluded in those resources often contradict each other, which made it harder to get an accurate result. Because of this, there has been made use of generalization of parameters by using the average of the parameters found in the usable papers. Therefore, much more research still needs to be done in order to get a comprehensive look of the optimal parameters for the nanobubble and the ultrasound. In addition, some parameters are based on only a few papers, which might negatively influence the validity of this study. To keep it as valid as possible, conclusions have therefore been drawn from the average by formulating ranges for the parameters. Furthermore, the parameters used are not all based on human skulls, because most of the experiments have been done on mice or primates. Causing a less valid result to conclude the following parameters: frequency, pressure, pulse length and pulse duration. Besides this, it is also hard to give a specific result of the optimal parameters, since everyone's skull is slightly different. Since the skull and brain are structurally and genetically linked during development (Martínez-Abadías et

al., 2009; Hallgrímsson et al., 2007), it follows that the brain should also differ in size and shape among individuals. This difference in size can lead to small differences in parameters per individual. Further, there are no tipping points due to the usage of ranges for the parameters, because of the utilization of averages, it is not possible to determine whether there are limits to the ranges. The reliability of this research is based on papers that meet the requirements described in the method of this paper, which results in a dependency on previously made conclusions, whichever are assumed to be as valid, reliable and accurate as possible. As a consequence of the inability of doing experiments and therefore not being able to conclude specific parameters, this paper contains a result of the zeta potential, which could not be tested with the results of the other parameters. For that reason, it is not possible to conclude whether the zeta potential is achievable.

This research has been focusing on the new idea of using a tryptophan outer shell filled with O₂ gas to create a potentially successful nanobubble, which can penetrate the BBB. Nevertheless, it is not known whether the combination of parameters for this tryptophan nanobubble, resulting from this study, will be successful in practice. Therefore, it is important that the tryptophan nanobubbles will be tested in practice to find out whether the nanobubble with a tryptophan outer shell is achievable and for further specifying the optimal parameters of the nanobubbles in general and individually.

7. Bibliography

- Selkoe D. J. (2001). Alzheimer's disease: genes, proteins, and therapy. *Physiological reviews*, 81(2), 741–766. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.2.741>
- Yiannopoulou, K. G., & Papageorgiou, S. G. (2013). Current and future treatments for Alzheimer's disease. *Therapeutic advances in neurological disorders*, 6(1), 19–33. <https://doi.org/10.1177/1756285612461679>
- Walsh, D. M., & Selkoe, D. J. (2007). A beta oligomers - a decade of discovery. *Journal of neurochemistry*, 101(5), 1172–1184. <https://doi.org/10.1111/j.1471-4159.2006.04426.x>
- Rambali, B., Van Andel, I., Schenk, E., Wolterink, G., Stevenson, H., & Vleeming, W. (2003). The contribution of cocoa additive to cigarette smoking addiction.
- Sandyk R. (1992). L-tryptophan in neuropsychiatric disorders: a review. *The International journal of neuroscience*, 67(1-4), 127–144. <https://doi.org/10.3109/00207459208994781>
- Jones R. S. (1982). Tryptamine: a neuromodulator or neurotransmitter in mammalian brain?. *Progress in neurobiology*, 19(1-2), 117–139. [https://doi.org/10.1016/0301-0082\(82\)90023-5](https://doi.org/10.1016/0301-0082(82)90023-5)
- Cheng, B., Bing, C., Xi, Y., Shah, B., Exner, A. A., & Chopra, R. (2019). Influence of Nanobubble Concentration on Blood-Brain Barrier Opening Using Focused Ultrasound Under Real-Time Acoustic Feedback Control. *Ultrasound in medicine & biology*, 45(8), 2174–2187. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2019.03.016>
- Goyal, D., Shuaib, S., Mann, S., & Goyal, B. (2017). Rationally Designed Peptides and Peptidomimetics as Inhibitors of Amyloid-β (Aβ) Aggregation: Potential Therapeutics of Alzheimer's Disease. *ACS combinatorial science*, 19(2), 55–80. <https://doi.org/10.1021/acscmbosci.6b00116>
- Banks W. A. (2016). From blood-brain barrier to

blood-brain interface: new opportunities for CNS drug delivery. *Nature reviews. Drug discovery*, 15(4), 275–292. <https://doi.org/10.1038/nrd.2015.21>

Tsai, H. C., Tsai, C. H., Chen, W. S., Inserra, C., Wei, K. C., & Liu, H. L. (2018). Safety evaluation of frequent application of microbubble-enhanced focused ultrasound blood-brain-barrier opening. *Scientific reports*, 8(1), 17720.

Wei, K. C., Tsai, H. C., Lu, Y. J., Yang, H. W., Hua, M. Y., Wu, M. F., Chen, P. Y., Huang, C. Y., Yen, T. C., & Liu, H. L. (2013). Neuronavigation-guided focused ultrasound-induced blood-brain barrier opening: a preliminary study in swine. *AJNR. American journal of neuroradiology*, 34(1), 115–120. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A3150>

Zhang, X., Yin, X., Zhang, J., Li, A., Gong, H., Luo, Q., Zhang, H., Gao, Z., & Jiang, H. (2019). High-resolution mapping of brain vasculature and its impairment in the hippocampus of Alzheimer's disease mice. *National science review*, 6(6), 1223–1238. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwz124>

Pouliopoulos, A. N., Wu, S. Y., Burgess, M. T., Karakatsani, M. E., Kamimura, H. A. S., & Konofagou, E. E. (2020). A Clinical System for Non-invasive Blood-Brain Barrier Opening Using a Neuronavigation-Guided Single-Element Focused Ultrasound Transducer. *Ultrasound in medicine & biology*, 46(1), 73–89. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmed-bio.2019.09.010>

Funahashi S. (2017). Working Memory in the Prefrontal Cortex. *Brain sciences*, 7(5), 49. <https://doi.org/10.3390/brainsci7050049>

Fanciulli, G., Ruggeri, R. M., Grossrubatscher, E., Calzo, F. L., Wood, T. D., Faggiano, A., ... & NIKE. (2020). Serotonin pathway in carcinoid syndrome: Clinical, diagnostic, prognostic and therapeutic implications. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 21, 599–612.

Nance, E., Timbie, K., Miller, G. W., Song, J., Louttit, C., Klibanov, A. L., Shih, T. Y., Swaminathan, G., Tamarago, R. J., Woodworth, G. F., Hanes, J., & Price, R. J. (2014). Non-invasive delivery of stealth, brain-penetrating nanoparticles across the blood-brain barrier using MRI-guided focused ultrasound. *Journal of controlled release : official journal of the Controlled Release Society*, 189, 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2014.06.031>

Marty, B., Larrat, B., Van Landeghem, M., Robic, C., Robert, P., Port, M., ... & Mériaux, S. (2012). Dynamic study of blood-brain barrier closure after its disruption using ultrasound: a quantitative analysis. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 32(10), 1948–1958.

Konofagou, E. E., Tung, Y. S., Choi, J., Defieux, T., Baseri, B., & Vlachos, F. (2012). Ultrasound-induced blood-brain barrier opening. *Current pharmaceutical biotechnology*, 13(7), 1332–1345. <https://doi.org/10.2174/138920112800624364>

Pouliopoulos, A. N., Kwon, N., Jensen, G., Meaney, A., Niimi, Y., Burgess, M. T., Ji, R., McLuckie, A. J., Munoz, F. A., Kamimura, H. A. S., Teich, A. F., Ferrera, V. P., & Konofagou, E. E. (2021). Safety evaluation of a clinical focused ultrasound system for neuronavigation guided blood-brain barrier opening in non-human primates. *Scientific reports*, 11(1), 15043. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94188-3>

Bunkin, N. F., Shkirin, A. V., Penkov, N. V., Goltayev, M. V., Ignatiev, P. S., Gudkov, S. V., & Izmailov, A. Y. (2021). Effect of Gas Type and Its Pressure on Nanobubble Generation. *Frontiers in chemistry*, 9, 630074. <https://doi.org/10.3389/fchem.2021.630074>

fchem.2021.630074

Ivanović, V., Rančić, M., Arsić, B., & Pavlović, A. (2020). Lipinski's rule of five, famous extensions and famous exceptions. *Popular Scientific Article*, 3(1), 171–177.

National Center for Biotechnology Information (2023). PubChem Compound Summary for CID 6305, Tryptophan. Retrieved February 6, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tryptophan>.

Segers, T., Gaud, E., Casqueiro, G., Lassus, A., Versluis, M., & Frinking, P. (2020). Foam-free monodisperse lipid-coated ultrasound contrast agent synthesis by flow-focusing through multi-gas-component microbubble stabilization. *Applied physics letters*, 116(17), [173701]. <https://doi.org/10.1063/5.0003722>

Yan, Y., Chen, Y., Liu, Z., Cai, F., Niu, W., Song, L., Liang, H., Su, Z., Yu, B., & Yan, F. (2021). Brain Delivery of Curcumin Through Low-Intensity Ultrasound-Induced Blood-Brain Barrier Opening via Lipid-PLGA Nanobubbles. *International journal of nanomedicine*, 16, 7433–7447. <https://doi.org/10.2147/IJN.S327737>

Mi, X., Du, H., Guo, X., Wu, Y., Shen, L., Luo, Y., ... & Tan, X. (2022). Asparagine endopeptidase-targeted Ultrasound-responsive Nanobubbles Alleviate Tau Cleavage and Amyloid- β Deposition in an Alzheimer's Disease Model. *Acta Biomaterialia*, 141, 388–397.

Bing, C., Hong, Y., Hernandez, C., Rich, M., Cheng, B., Munaweera, I., Szczepanski, D., Xi, Y., Bolding, M., Exner, A., & Chopra, R. (2018). Characterization of different bubble formulations for blood-brain barrier opening using a focused ultrasound system with acoustic feedback control. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26330-7>

Pouliopoulos, A. N., Wu, S. Y., Burgess, M. T., Karakatsani, M. E., Kamimura, H. A., & Konofagou, E. E. (2020). A Clinical System for Non-invasive Blood-Brain Barrier Opening Using a Neuronavigation-Guided Single-Element Focused Ultrasound Transducer. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 46(1), 73–89. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmed-bio.2019.09.010>

Cheng, B., Bing, C., & Chopra, R. (2019). The effect of transcranial focused ultrasound target location on the acoustic feedback control performance during blood-brain barrier opening with nanobubbles. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55629-2>

Ficiarà, E., Ansari, S. A., Argenziano, M., Cangemi, L., Monge, C., Cavalli, R., & D'Agata, F. (2020). Beyond Oncological Hyperthermia: Physically Drivable Magnetic Nanobubbles as Novel Multipurpose Theranostic Carriers in the Central Nervous System. *Molecules*, 25(9), 2104. <https://doi.org/10.3390/molecules25092104>

Lucas, V. S., Burk, R. S., Creehan, S., & Grap, M. J. (2014). Utility of High-Frequency Ultrasound. *Plastic Surgical Nursing*, 34(1), 34–38. <https://doi.org/10.1097/psn.0000000000000031>

Rezai, A. R., Ranjan, M., D'Haese, P. F., Haut, M. W., Carpenter, J., Najib, U., Mehta, R. I., Chazen, J. L., Zibby, Z., Yates, J. R., Hodder, S. L., & Kaplitt, M. (2020). Noninvasive hippocampal blood-brain barrier opening in Alzheimer's disease with focused ultrasound. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(17), 9180–9182. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002571117>

Tran, D. M., Harrang, J., Song, S., Chen, J., Smith, B. M., & Miao, C. H. (2018). Prolonging pulse duration in

ultrasound-mediated gene delivery lowers acoustic pressure threshold for efficient gene transfer to cells and small animals. *Journal of Controlled Release*, 279, 345–354. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2018.04.012>

Martínez-Abadías, N., Paschetta, C., De Azevedo, S., Esparza, M., & González-José, R. (2009). Developmental and Genetic Constraints on Neurocranial Globularity: Insights from Analyses of Deformed Skulls and Quantitative Genetics. *Evolutionary Biology*, 36(1), 37–56. <https://doi.org/10.1007/s11692-008-9045-4>

Hallgrímsson, B., Lieberman, D. E., Liu, W., Ford-Hutchinson, A. F., & Jirik, F. R. (2007). Epigenetic interactions and the structure of phenotypic variation in the cranium. *Evolution & development*, 9(1), 76–91. <https://doi.org/10.1111/j.1525-142X.2006.00139.x>

Breijyeh, Z., & Karaman, R. (2020). Comprehensive Review on Alzheimer's Disease: Causes and Treatment. *Molecules* (Basel, Switzerland), 25(24), 5789. <https://doi.org/10.3390/molecules25245789>

National Center for Biotechnology Information (2023). PubChem Compound Summary for CID 6305, Tryptophan. Retrieved February 6, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tryptophan>.

Zhang, S., Zhang, S., Luo, S., Tang, P., Wan, M., Wu, D., & Gao, W. (2022). Ultrasound-assisted brain delivery of nanomedicines for brain tumor therapy: advance and prospect. *Journal of Nanobiotechnology*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12951-022-01464-z>

Hillery, A., & Park, K. (2016). *Drug delivery: fundamentals and applications*. CRC Press.

Wasielewska, J. M., & White, A. R. (2022). “Focused Ultrasound-mediated Drug Delivery in Humans – a Path Towards Translation in Neurodegenerative Diseases.” *Pharmaceutical Research*, 39(3), 427–439. <https://doi.org/10.1007/s11095-022-03185-2>

Insightec Announces Expanded Reach of MR-Guided Focused Ultrasound. (2021, October 3). *Imaging Technology News*. <https://www.itnonline.com/content/insightec-announces-expanded-reach-mr-guided-focused-ultrasound>

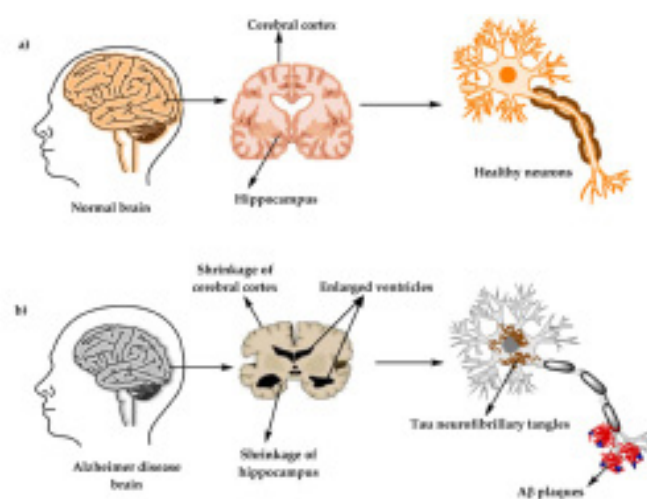


Figure 1, pathology of Alzheimer's disease (Breijyeh & Karaman, 2020) .

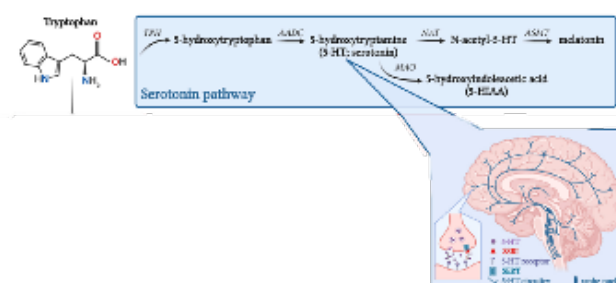


Figure 2, conversion of tryptophan to serotonin.

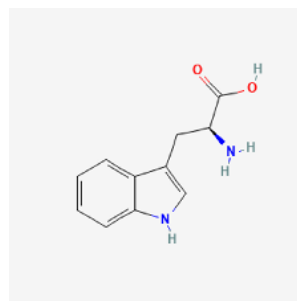


Figure 3, molecule structure of tryptophan (National Center for Biotechnology Information, 2023).

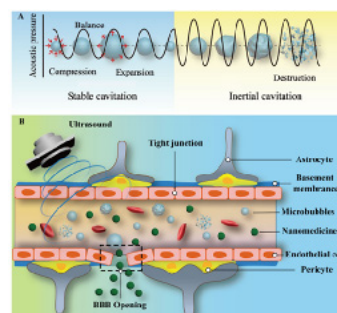


Figure 4, opening BBB through ultrasound (Zhang et al., 2022).

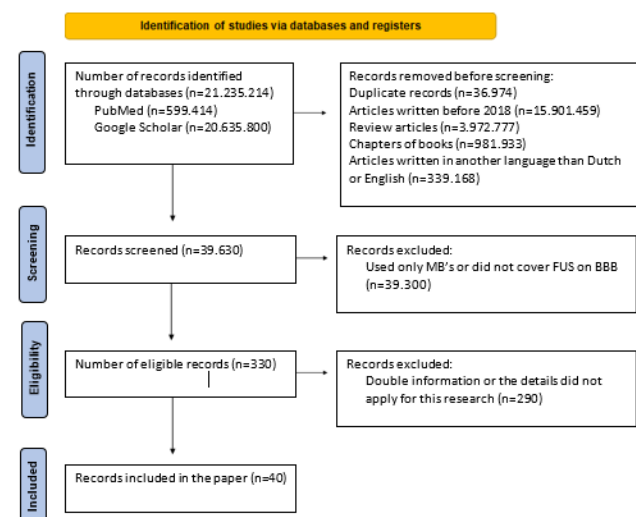


Figure 5, PRISMA Flow diagram.

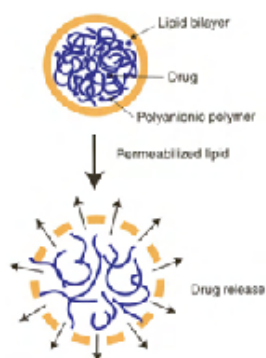


Figure 6, drug release from nanobubble (Hillery & Park, 2016).

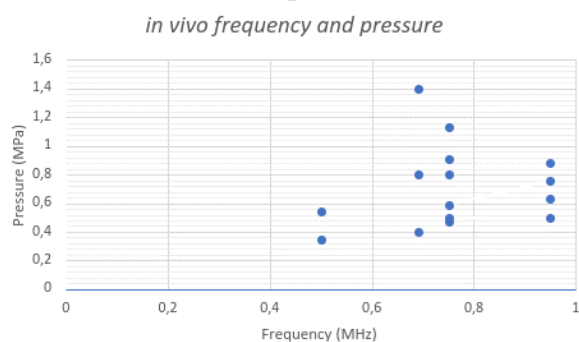


Figure 7, scattered chart of in vivo frequency and pressure.

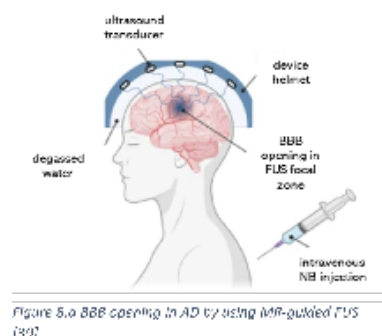


Figure 5.a BBB opening in AD by using MR-guided FUS [39]

Figure 8a, BBB opening in AD by using MR-guided FUS (Wasielewska & White, 2022).



Figure 8b, MR-guided FUS in practice (Imaging Technology News, 2021).

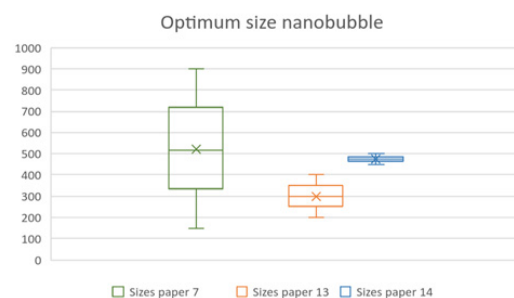


Figure 9, box and whisker diagram of the optimum size of the nanobubble.

Het effect van afbeeldingen op het leervermogen van beelddenkers op het vwo van 11 t/m 13 jaar

R.P.J. Pelle¹, E.A. Zwiep², B.A.A. Van de Ven³, M. Niemeijer³, A.H.J. Boolsink¹, L. Holsbeeke³

¹Assink Lyceum, Haaksbergen

²Het Erasmus, Almelo

³Afdeling Pre-U-, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Visual thinkers usually need support in reviewing vocabulary, as their word recognition is hampered by their way of thinking. This ensures that the time it takes to study the words is longer, without being more efficient. To find out how visual thinkers can be helped in learning the vocabulary, research has been done into the effect of images on the learning ability of students. Every test subject reviewed two different word lists. One list consisted of only words, the second word list consisted of words and images. On the basis of a questionnaire, an indication was given to what extent students were visual thinkers. It turned out that visual thinkers were able to remember more words with the word list that included images. As a result of this research, offering visual thinkers glossaries consisting of words and images could be considered. This results in a higher learning efficiency for these students, so that less effort is required to succeed.

1. Introductie

Het begrip “beelddenken” is bedacht door Maria Krabbe in 1951, een Nederlandse logopediste (Mulder, 2015).

Het werd duidelijk dat er mensen waren die, naast het denken in taal en woorden, ook voornamelijk in beelden dachten. Ondanks dat er al veelvuldig onderzoek naar het begrip beelddenken is gedaan, is het nog steeds onduidelijk in hoeverre deze denkstijl invloed heeft op visuele en verbale vaardigheden van kinderen en hun schoolprestaties. Toch geeft ruim 60% van de bevolking de voorkeur aan visueel denken (Numentum, N. 2022).

Bij de verschillende denkstijlen krijg je te maken met twee cognitieve systemen; een verbaal systeem en een voorstellingssysteem. Deze werken samen, maar zijn onafhankelijk van elkaar (Anderson, 2005; Carroll en Maxwell, 1979; Paivio, 2006). Het verbaal systeem opereert sequentieel, dit betekent dat informatie stapsgewijs wordt opgenomen en verwerkt. Bij het voorstellingssysteem worden echter alle zintuigen tegelijkertijd gebruikt; het werkt synchroon holistisch (Mulder, 2015). De systemen zijn wel functioneel gerelateerd doordat deze voor activiteit kunnen zorgen bij het andere systeem; woorden kunnen bijvoorbeeld voorstellingen oproepen en vice versa. Objecten en plaatjes activeren vooral het voorstellingssysteem, terwijl abstracte woorden het verbale systeem activeren. Ook concrete woorden activeren het verbale systeem, maar kunnen tegelijkertijd ook associaties in het voorstellingssysteem oproepen. De manier hoe de kennis wordt opgedaan en verwerkt, is afhankelijk van het cognitieve systeem (Kamer, 2015). Een omvattende cognitieve theorie betreffende verbale en non-verbale cognitie is de “Dual-Coding Theory”, DCT (Paivio, 1971, 1990). Volgens deze theorie wordt informatie dubbel zo sterk verwerkt, wanneer beide delen van het werkgeheugen worden aangesproken en geactiveerd. Het werkgeheugen bestaat namelijk uit twee cognitieve werkruimtes: de een codeert en verwerkt beelden en gebeurtenissen (non-verbale informatie), terwijl de andere dat doet met taal (verbale informatie). Het werkgeheugen bestaat verder uit 2 geheugensystemen; namelijk het verbale geheugen en het visueel ruimtelijk geheugen. Deze verschillende geheugensystemen zijn erg belangrijk bij het opdoen van kennis (Murre, 2010). Kinderen ontwikkelen vanaf het vierde levensjaar een voorkeur voor één

van beide systemen, wat vanaf het tiende jaar blijvend is. Deze voorkeur uit zich volgens Murre in drie verschillende leerstijlen, namelijk een visueel ruimtelijke leerstijl (beelddenkers), een auditief sequentiële leerstijl (begripsdenkers) en een gemengde groep (Murre, 2010). De visueel ruimtelijke leerstijl uit zich in beelddenkers, aangezien dit mensen zijn met een voorkeur voor een visueel-ruimtelijke verwerking. Beelddenkers activeren vooral het voorstellingsvermogen en hebben een voorkeur voor stimulatie in de vorm van objecten en plaatjes. Het begrip beelddenken is in meerdere onderzoeken gebruikt met verschillende definities. Consensus omtrent dit onderwerp lijkt nog te ontbreken. In dit onderzoek wordt de term beelddenken gebruikt voor mensen die voornamelijk in beelden en gebeurtenissen denken en niet in woorden en begrippen (Bezemer & Van de Coolwijk, 2005). Een beelddenker is dus iemand die de voorkeur geeft aan het ruimtelijk visueel geheugen, over de mogelijkheid beschikt om interne representaties te maken van waargenomen gebeurtenissen en deze gebeurtenissen mentaal vast te houden. Beelddenkers maken visuele afbeeldingen in hun hoofd bij het verwerken van informatie om op die manier informatie beter te onthouden en te begrijpen (Murre, 2010). Het beelddenken specifiek bestaat uit verschillende aspecten, zoals ruimtelijke visualisatie en creativiteit (Carrell, 2003; Höfler, 2010; Suijkerbuijk, et.al., z.d.).

Kijkend naar de verschillen tussen beelddenkers en begripsdenkers, is er naast een verschil in leer- en denkstijl, ook een groot verschil te zien bij de dominantie van de hersenhelften. Bij begripsdenkers is de linkerhersenhelft dominant, deze hersenhelft speelt een rol bij taal, woordkennis, analytisch vermogen etc. (De Beelddenker, 2020). De rechterhersenhelft is dominant bij beelddenkers. De rechterhersenhelft speelt een rol bij emotie, verbeelding, dimensie, ruimtelijk inzicht etc. (De Beelddenker, 2020). Het hebben van een dominante hersenhelft betekent niet dat de andere hersenhelft niet aan het werk is. De hersenhelften werken juist heel nauw samen. De hersenbalk is de verbinding tussen de twee helften en zorgt ervoor dat deze snel kunnen communiceren (Hersenstichting, 2022). Het hebben van een dominante hersenhelft betekent dat informatie op een andere manier wordt verwerkt, er worden andere delen van de hersenen gebruikt voor het verwerken van de informatie (zie Figuur 1). Bij beelddenkers wordt de

informatie, waaronder taal, voornamelijk verwerkt door de rechterhersenhalft. De informatie is hierdoor moeilijker te begrijpen, aangezien dit normaal gesproken door de linkerhersenhalft wordt verwerkt. Ook kan er een zwakkere linkerhersenhalft ontstaan. Door deze redenen kunnen leerlingen een (taal)achterstand oplopen (De Beelddenker, 2019). Er is op dit moment weinig wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de leerstijl van beelddenkers en de mogelijke invloed hiervan op schoolprestaties. Het is daardoor moeilijk te zeggen hoe groot de kans is op een achterstand (Newcombe & Stieff, 2012). Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt wel dat het van belang is dat het onderwijs aansluit op de leerstijl van de leerling (Mann, 2004).

Op dit moment sluit het onderwijs niet goed aan op de leerstijl van beelddenkers. Het onderwijs is sterk gebaseerd op begripsdenkers, neem bijvoorbeeld spellingtoetsen en begrijpend lezen. In het onderwijs is de manier van lesgeven en kennisoverdracht voornamelijk verbaal georiënteerd en daardoor wordt er vooral gekeken naar de verbale leerstijl (Silverman, 2002; Mann, 2001). Uit onderzoek is dan ook gebleken dat beelddenkers hierop vaker onderpresteren, zoals lagere cijfers en een lager schooladvies (Silverman, 2000). Uit Europees onderzoek (PISA-2018) blijkt dat 18% van de leerlingen de basisschool verlaten met onvoldoende verbale capaciteiten, beelddenken is een van de oorzaken (Silverman, 2000; Wiers & van Woerden, 2000). Doordat de informatie op een andere manier wordt verwerkt, duurt het veel langer voordat deze informatie dan ook goed wordt onthouden (De Beelddenker, 2019). Ook kunnen beelddenkers de informatie veel moeilijker terug vinden in het geheugen, doordat bepaalde informatie door de andere hersenhalft wordt verwerkt (Wiers & van Woerden, 2000; De Beelddenker 2020). Ze moeten namelijk de informatie omzetten naar een plaatje, dit onthouden, maar wanneer de informatie nodig is moet deze weer worden omgezet naar woorden. Door dit alles kunnen beelddenkers veel minder snel werken en minder snel informatie oppakken. Ze kunnen bijvoorbeeld in de les theorie stukken missen, doordat hun hersenen nog bezig zijn met het verwerken van eerdere informatie (Silverman, 2000). Hier wordt echter door het schoolsysteem niet veel aandacht aan besteed, want dit is nog steeds verbaal ingesteld (Mann, 2001). Nader onderzoek kan zorgen voor een betere erkenning van de leerproblemen voor beelddenkers en mogelijke oplossingen verzorgen om beelddenkers positief te stimuleren met bijvoorbeeld, zoals eerder benoemd, beeldmateriaal. Er zijn al wel meerdere onderzoeken gedaan naar het effect van beeldmateriaal op leerprestaties, maar nog niet specifiek voor beelddenkers. In deze onderzoeken zijn verschillende soorten beeldmateriaal gebruikt. Dit konden filmpjes zijn, maar ook afbeeldingen of andere manieren voor visueel uitlegen van lesstof. Uit deze onderzoeken blijkt dat het toevoegen van een illustratie aan een tekst een positief effect heeft op de leerprestaties van leerlingen (Paivio, 1991). Dit positieve effect van het toevoegen van illustraties aan een tekst wordt ook gevonden door Carney & Levin (2002) en Mayer & Gallini (1990). Dit effect wordt door Mayer het multimedia-effect genoemd. Het effect treedt op wanneer er representaties van de tekst worden gebruikt als illustratie die elkaar versterken. De illustraties moeten wel aan een aantal voorwaarden voldoen (Carney & Levin, 2002). De eerste voorwaarde is dat leerlingen van de illustraties moeten profiteren bij het leren of lezen van lesstof en de tweede voorwaarde is dat de illustraties inhoudelijk overeen moeten komen met de lesstof. Als de illus-

traties aan deze voorwaarden voldoen zouden de illustraties volgens onderzoek van Carney & Levin (2002) een positief effect hebben op het leervermogen van leerlingen.

Er is in dit onderzoek gekeken naar een specifiek onderdeel van het leervermogen. Het leervermogen bestaat zelf uit twee onderdelen, namelijk het leren en het toepassen van kennis. Dit zijn twee verschillende onderdelen, waarbij illustraties een ander effect zouden kunnen hebben (Carney & Levin, 2002). Het onderdeel leren heeft twee manieren: expliciet en impliciet. Expliciet leren focust zich op het vergaren van nieuwe kennis en het onthouden hiervan en impliciet leren is een manier van leren door middel van oefening en herhaling (Hulstijn, 2004). Bij expliciet leren zijn mensen zich ervan bewust dat ze iets geleerd hebben, een voorbeeld hiervan is het leren van een woord (Ellis, 2009). Voordat een persoon een woord kan onthouden moet het woord eerst herkend worden. In andere woorden, de persoon weet welk woord er staat, wanneer het woord is herkend kan de persoon het onthouden (Plakas et al., 2013). Op het moment dat een woord is onthouden, zit het in het geheugen van de persoon en is het woord op expliciete wijze geleerd. Een manier om woorden sneller te onthouden is om categorieën te creëren wat betreft woordbetekenis. Een woord wordt makkelijker onthouden als er nog een woord uit dezelfde categorie zich in de lijst bevindt, omdat het brein deze woorden aan elkaar koppelt. Bijvoorbeeld appel en taart, de woorden behoren tot de categorie eten en zijn daardoor makkelijker te onthouden (Aitchison, 2012). Dit is een manier van leren, om iets te onthouden in het langetermijngeheugen (Ellis, 2009).

Het geheugen bestaat namelijk ook uit meerdere delen, het kortetermijngeheugen en het langetermijngeheugen. Wanneer woorden in het langetermijngeheugen zitten, worden ze voor langere tijd onthouden. Het kortetermijngeheugen, ook wel primair of actief geheugen genoemd, is er om kleine hoeveelheden informatie voor een korte tijd te onthouden. Het kortetermijngeheugen verschilt per persoon in tijdsduur, de gemiddelde tijdsduur voor het onthouden van informatie in het kortetermijngeheugen is 20 tot 30 seconden, hierna vervalt de informatie al snel (Cowan, N. 2008). Door informatie hardop te zeggen of mentaal te herhalen, kan het tot een minuut lang worden onthouden. De omgeving heeft ook een groot effect op het korte termijn geheugen: hoe meer prikkels hoe sneller informatie vervalt (Wittig, J. H., et al. 2018).

In dit onderzoek wordt er gekeken naar een oplossing om beelddenkers positief te stimuleren in het onderwijs. De lesmethoden zijn namelijk verbaal georiënteerd, waardoor beelddenkers moeite hebben met lesstof en achterstanden oplopen. Daardoor is het nodig om te kijken welke manier van leren en lesgeven beelddenkers nou wél helpt.

In dit onderzoek wordt er specifiek gekeken naar het onthouden van woorden, dus in het lange termijn geheugen, daardoor mag het korte termijn geheugen geen verdere rol spelen in het onderzoek. Er is onderzocht of afbeeldingen helpen bij het onthouden van woorden bij mensen die beelddenken. Met dit onderzoek wordt er gekeken of afbeeldingen een positief effect hebben op het geheugen en of dit effect bij beelddenkers van belang is.

Hieruit volgt de onderzoeksvraag: Wat is het effect van afbeeldingen op het leervermogen van beelddenkers van 11 t/m 13 jaar op het vwo?

De verwachting is dat afbeeldingen een positief effect gaan hebben op het leervermogen van leerlingen, aangezien dit

al uit meerdere onderzoeken is gebleken (Carney & Levin (2002); Mayer & Gallini (1990)). Daarnaast wordt er verwacht dat afbeeldingen bij beelddenkers een groter positief effect zullen hebben. Doordat beelddenkers in afbeeldingen denken en visueel ingesteld zijn (Oosterveen-Hess, 2016).

2. Methode

2.1 Deelnemers

Voor dit experiment zijn leerlingen van 11 t/m 13 jaar van het niveau havo/vwo onderzocht, op deze manier is het niveau gelijk tussen de leerlingen. Op deze leeftijden is de voorkeur voor het verbale geheugen of het visueel ruimtelijk geheugen ontwikkeld (Murre, 2010). Ook komen leerlingen rond deze leeftijden het meest met vreemde talen in aanraking (Persson, L. 2019). Het experiment heeft plaatsgevonden bij vijf 1e havo/vwo klassen op twee verschillende locaties, Assink Lyceum Bouwmeester (Haaksbergen) en Het Erasmus (Almelo) en heeft een totaal van 124 leerlingen. De verdeling was redelijk gelijk tussen de twee locaties, 53,2% van leerlingen kwam van het Assink Lyceum Bouwmeester en 46,8% kwam van Het Erasmus.

2.2 Woordenlijsten

Voor dit experiment zijn twee verschillende woordenlijsten gemaakt, allebei bestaande uit twaalf woorden. Beide woordenlijsten zijn van het Nederlands naar het Spaans. Leerlingen komen op deze leeftijden veel in aanraking met vreemde talen (Persson, L. 2019), door de keuze voor Spaans kan er onderzocht worden wat het effect is bij een vreemde taal. Op deze manier kan het experiment een meerwaarde vormen voor scholen en leerlingen. Verder is voor Spaans gekozen, aangezien deze taal vaak niet op de basisschool wordt gegeven, waardoor niemand een voorsprong heeft. Woordenlijst A zijn alleen twaalf woorden onder elkaar, met de bijbehorende vertaling (zie bijlage 1). Woordenlijst B bestaat uit twaalf andere woorden, met bijbehorende vertaling, maar ook met een afbeelding van het woord (zie bijlage 2). De woorden bestaan uit één lettergreep, een reden hiervoor is om het niveau gelijk te houden. Er is gekozen voor woorden met één lettergreep, omdat deze woorden makkelijker te onthouden zijn en wanneer je een vreemde taal leert begin je vaak met deze woorden (Boer, M. de, 2022, 14 april ; 2022, 7 juli). De één lettergreep woorden zijn alleen bij het Nederlands toegepast. Dit komt doordat het aantal lettergrepen niet overeenkomt tussen het Nederlands en het Spaans. Daarom is in het onderzoek gekozen om de één lettergreep woorden aan te houden bij Nederlands, zodat hierdoor geen verschil in niveau kan ontstaan. Verder is ervoor gekozen om zoveel mogelijk verschillende klinkerklanken te gebruiken en deze klanken niet vaker dan één keer te gebruiken (bijvoorbeeld [ee] in teen - beer - eend), anders zijn woorden makkelijker te onthouden (Aitchison, 2012). De betekenis van de woorden speelt ook een rol bij het onthouden. Er is voor gezorgd dat er niet meer dan twee woorden van één categorie (zoals 'eten') in een woordenlijst voorkwam. Woorden zijn namelijk makkelijker te onthouden, wanneer ze in een categorie geplaatst kunnen worden. Op deze manier zijn beide woordenlijsten even goed te onthouden (Aitchison, 2012). Doordat beelddenkers zelf een plaatje in hun hoofd maken van een woord, maar er wel een lijst zonder afbeeldingen is om te kijken of er een effect is, is het niet de bedoeling dat bij deze lijst plaatjes worden gemaakt. Daarom is ervoor gekozen om in de woordenlijst zonder afbeeldingen woorden te gebruiken

waarbij je je ook geen plaatje kan voorstellen. Op die manier kan echt het effect van afbeeldingen worden bekeken.

2.3 Fase 1

In deze fase werd de eerste woordenlijst getest. De leerlingen zaten in toets opstelling, alle tafels uit elkaar. De gehele klas kreeg een woordenlijst. De helft van de klas kreeg woordenlijst A en de andere helft kreeg B. Er is hiervoor gekozen, zodat het resultaat zo min mogelijk beïnvloed wordt. Als iedere leerling de woordenlijsten in dezelfde volgorde te zien zou krijgen, is er een mogelijkheid dat de woordenlijst uit ronde 2 een slechter of beter resultaat oplevert. Dit heeft te maken met de mogelijkheid dat leerlingen de tweede keer al weten wat er gaat gebeuren en daardoor beter scoren of ze raken bijvoorbeeld verveeld en onthouden daardoor minder woorden (Krueger, 2018). De concentratie, motivatie en inspanning die leerlingen leveren tijdens het onderzoek hebben namelijk invloed op hoeveel ze kunnen onthouden (Krueger, 2018).

De leerlingen kregen de woordenlijst, deze bleef op de kop op tafel liggen. Het experiment is daarna uitgelegd aan de leerlingen. De leerlingen kregen 70 seconden om de woorden te onthouden. De leerlingen moesten uiteindelijk het Spaanse woord onthouden, aangezien er onderzoek wordt gedaan naar een vreemde taal. Na het bekijken van de woorden, werden de woordenlijsten weer op de kop gelegd en opgehaald. Daarna werden de leerlingen voor 90 seconden 'afgeleid' om te voorkomen dat de woorden nog in het kortetermijngeheugen zaten (Cowan, N. 2008). Dit gebeurde door middel van een filmpje met raadsels te bekijken. Hierbij mochten de leerlingen hardop meedoen, zodat iedereen fanatiek meedeed. Na dit filmpje mochten de leerlingen de woorden zo goed mogelijk opschrijven op het antwoordenblad (zie bijlage 3). Iedereen moest zijn naam en leeftijd op het blad zetten en daarna werd alles opgehaald.

2.4 Fase 2

Na fase 1 begon gelijk fase 2. In deze fase werd de tweede woordenlijst getest. De leerlingen zaten in toets opstelling, alle tafels uit elkaar. In fase 2 kregen de leerlingen die in fase 1 woordenlijst A hadden nu woordenlijst B en andersom. De leerlingen kregen de woordenlijst, deze bleef op de kop op tafel liggen. Het experiment is daarna nog een keer uitgelegd aan de leerlingen. De leerlingen kregen 70 seconden om de woorden te onthouden. De leerlingen moesten uiteindelijk het Spaanse woord onthouden, aangezien er onderzoek wordt gedaan naar een vreemde taal. Na het bekijken van de woorden, werden de woordenlijsten weer op de kop gelegd en opgehaald. Daarna werden de leerlingen voor 90 seconden 'afgeleid' om te voorkomen dat de woorden nog in het kortetermijngeheugen zaten (Cowan, N. 2008). Dit gebeurde door middel van een filmpje met raadsels te bekijken. Hierbij mochten de leerlingen hardop meedoen, zodat iedereen fanatiek meedeed. In fase 2 werden andere raadsels laten zien, dan in fase 1. In beide fases duurden de raadsels 90 seconden. Na dit filmpje mochten de leerlingen de woorden zo goed mogelijk opschrijven op het antwoordenblad. Iedereen moest zijn naam en leeftijd op het blad zetten en daarna werd alles opgehaald.

2.5 Fase 3

Na het houden van de proef kregen de leerlingen een vragenlijst van 40 vragen die ze over zichzelf moesten beantwoorden (zie Bijlage 4). Aan de hand van deze vragenlijst is het mogelijk

een indicatie (in procenten) te maken in hoeverre iemand een beelddenker is. De vragenlijst is gebaseerd op de 10 belangrijkste aspecten van beelddenkers: nieuwsgierigheid, intensiteit, essentie, excellentie, vrijheid, logica, gevoel, verbeeldingskracht, creativiteit en synesthesie (Renting, A. W. H., 2016). Deze vragenlijst bestaat oorspronkelijk uit 50 vragen die 10 verschillende aspecten van beelddenken meten. Hieruit is een selectie gemaakt. Er zijn tien vragen uitgehaald, omdat deze vragen gingen over studies en beroepen. De vragen waren niet van toepassing op de situaties van de leerlingen die meededen aan dit experiment. Vandaar dat deze vragen eruit zijn gehaald. Een voorbeeldvraag betreft: "Ik ben beter in het onthouden van hoe iemand eruit zag dan het onthouden van dingen die mensen zeggen. Bijvoorbeeld bij een etentje zie ik voor me wat mijn vriendjes aan hadden maar ik weet niet meer waar de gesprekken over gingen." De leerling moet bij iedere vraag een kruisje zetten op een 1-4 schaal, waarbij 1 punt verkregen werd voor de voorkeur (bijna) nooit en 4 punten verkregen werd voor de voorkeur (bijna) altijd. Hoe hoger de score, hoe hoger het percentage en hoe groter het vermoeden van beelddenken. De vragenlijst is van Stichting Beelddenken en is gemaakt om een indicatie te kunnen geven of iemand wel of geen beelddenker is (Stichtingbeelddenker, 2022). Deze vragenlijst is al in meerdere onderzoeken gebruikt, zoals Renting, A.W.H. (2016); Bekkum, van . J. (2015) en A. M. van Atten, van. M. & Feitz, P. C. T. (2014).

2.6 Fase 4

Fase 4 bestaat uit het verwerken van de resultaten. Na het verzamelen van de antwoordbladen van de leerlingen zijn de woorden nagekeken. Bij het nakijken van de woorden zijn de woorden met spellingsfouten en woorden die niet zijn ingevuld fout gerekend. Hier is voor gekozen omdat dit bij toetsen op school ook fout wordt gerekend. Het woord moest helemaal goed zijn voor een punt. De vragenlijst zijn ook allemaal bekeken. Hierbij vielen een aantal leerlingen af, omdat zij de vragenlijst niet volledig hadden ingevuld. Deze leerlingen werden bij het gehele onderzoek buiten beschouwing gelaten. Van de 124 leerlingen hebben 108 leerlingen de vragenlijst wel volledig ingevuld. De vragenlijst geeft aan in hoeverre iemand in beelden denkt en dus in hoeverre een beelddenker is. Bij de vragenlijsten zijn de scores berekend en hier kwamen percentages uit. Een beelddenker is volgens de definitie iemand die voor minimaal 60% in beelden denkt en voor 40% niet (Lebink-Burmanjer, B., 2018). Dat betekent dat de leerlingen die onder de 60% scoren bij de vragenlijst geen beelddenkers zijn. Wanneer er 60% of meer wordt gescoord, is de leerling voor dit onderzoek een beelddenker.

Om te weten of afbeeldingen een positief effect hebben, wordt er gekeken hoeveel mensen er beter hebben gescoord bij woordenlijst B ten opzichte van woordenlijst A.

Daarna wordt er gekeken in hoeverre het effect dat is ontstaan invloed heeft op beelddenkers. Dit gebeurt aan de hand van de Chikwadratoets. Dit is een statistiek toets om na te gaan of twee of meer verdelingen (groepen) van elkaar afwijken, in dit geval de beelddenkers ten opzichte van de begripsdenkers. Het is een toets om een hypothese te toetsen en het gaat na of waargenomen aantallen systematisch afwijken van verwachte aantallen (Turney, 2022), en berekent daartoe het totaal van de kwadratische afwijkingen tussen deze aantallen. In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de chikwadratoets voor verdelingen. Bij deze statistiek horen twee tabellen: tabel 1 is de

waargenomen aantallen en tabel 2 is de verwachte aantallen.

De formule:

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

X^2 = is de toets statistiek van de chikwadratoets.

Σ = is de som (het betekent dat alles moet worden opgeteld).

O = is de waargenomen (geobserveerde) frequentie.

E = is de verwachte frequentie.

Na de X^2 , wordt er een nulhypothese H_0 (geen onderscheid tussen de twee groepen) en een alternatieve hypothese H_1 (wel onderscheid tussen de twee groepen) opgesteld. Deze hypothesen geven aan het eind aan of er wel of geen verschil is tussen de groepen. Met het significante verschil, te berekenen met X^2 en de vrijheidsgraden $n-1$, tussen de verwachte en de waargenomen aantallen kan uiteindelijk H_0 of H_1 worden verworpen. Wanneer het significante verschil tussen de groepen lager is dan $\alpha = 5\%$ kan H_0 worden verworpen, wanneer dit verschil groter is wordt H_1 verworpen (Turney, 2022).

3. Resultaten

Van de 108 leerlingen bleek 62,1% beelddenker te zijn en 37,9% begripsdenker (zie Grafiek 1). In Tabel 1 is de verdeling van de percentages beelddenker en het aantal leerlingen te zien. Daarna is gekeken naar het effect van de afbeeldingen, door woordenlijst A met woordenlijst B te vergelijken. Hier komt uit dat 71,3% van de leerlingen beter heeft gescoord bij woordenlijst B dan bij woordenlijst A. Deze groep leerlingen bestond voor 71,4% uit beelddenkers (zie Tabel 2).

De chikwadratoets laat zien of het effect van afbeeldingen van grotere invloed is bij beelddenkers of niet. Hierbij zijn de beelddenkers tegen de begripsdenkers uitgezet om te kijken of er wel of geen onderscheid is tussen de twee groepen.

1. H_0 betekent dat het voor het effect van de afbeeldingen niet uitmaakt of je beelddenker of begripsdenker bent. Er is dan geen onderscheid.
2. H_1 betekent dat het voor het effect van de afbeeldingen wel uitmaakt of iemand beelddenker of begripsdenker is. Er is dan wel een onderscheid.

De tabellen 3 en 4 laten zien wat de waargenomen en de verwachte aantallen waren bij het effect van afbeeldingen. Hiermee is te concluderen dat $X^2 = 11,49021891$ en de vrijheidsgraden in deze tabellen zijn $n = 2$ en daarmee $2-1 = 1$. In de tabellen staat 'hogere score afbeeldingen' dit staat voor het aantal leerlingen die op woordenlijst B beter hebben gescoord en 'lagere score afbeeldingen' staat voor het aantal leerlingen die op woordenlijst A beter hebben gescoord.

Het significante verschil tussen de waargenomen aantallen en de verwachte aantallen is daarmee te berekenen ($p = 0,000376423$). Deze waarde moet worden omgezet in procenten $p = 0,0376423\%$. Deze procentuele waarde ligt ver onder de grens van $\alpha = 5\%$. Hierdoor is de nulhypothese H_0 te verwerpen en geldt voor dit onderzoek H_1 en is er dus wel een onderscheid tussen beelddenkers en begripsdenkers als het gaat om het effect van afbeeldingen. Dit is ook te zien in de Grafieken 2 en 3.

Verder is voor dit onderzoek het 95% betrouwbaarheidsinterval onderzocht.

Formule:

$$CI = \hat{p} \pm Z^* \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}}$$

Landelijk is 60% beelddenkers en in dit onderzoek is er een significant resultaat met $p = 62\%$. De CI = [50,58 ; 69,42] en het significante resultaat $p = 62$ bevindt zich binnen deze grenzen. Daardoor valt dit onderzoek binnen de 95% betrouwbaarheidsinterval.

4. Conclusie

Uit de resultaten van de woordenlijsten blijkt dat afbeeldingen een positief effect hebben bij het leren van woordjes in dit onderzoek. De resultaten van de chikwadraattoets laten zien dat dit effect bij beelddenkers groter is ten opzichte van de begripsdenkers. Er kan dus worden geconcludeerd dat leerlingen die beelddenkers zijn woorden beter onthouden, wanneer deze worden gestimuleerd met afbeeldingen.

5. Discussie

Uit de resultaten bleek dat afbeeldingen helpen bij het onthouden van woorden door beelddenkers. Dit komt overeen met het feit dat illustraties helpen bij het leervermogen van leerlingen (Carney & Levin, 2002). Verder denken beelddenkers in afbeeldingen en hierdoor kunnen afbeeldingen hen stimuleren bij het leren van woorden (Murre, 2010), dus ook uit eerder onderzoek is gebleken dat afbeeldingen effectief werken.

Een opvallend resultaat was dat ook leerlingen die lage scores hadden gehaald bij de vragenlijst, en dus begripsdenkers zijn, soms ook een beter resultaat behaalden bij woordenlijst B (met afbeeldingen). Een verklaring hiervoor kan zijn dat illustraties altijd kunnen helpen bij het leervermogen van leerlingen en dus niet alleen bij dat van beelddenkers (Carney & Levin, 2002). Het kan er ook mee te maken hebben dat de leerlingen van tevoren uitleg over het onderzoek hebben gehad. In de uitleg is verteld dat het doel van het onderzoek is om erachter te komen of afbeeldingen een positief effect hebben op het onthouden van woorden (er is niet verteld dat dit specifiek voor beelddenkers werd bekeken). Het is mogelijk dat de leerlingen hierdoor meer woorden onthielden bij de woordenlijst B, ten opzichte van woordenlijst A, omdat ze ervan uitgingen dat deze afbeeldingen hen zouden helpen met het onthouden. In dit geval treedt er een placebo-effect op. In een onderzoek van Goodenough et al., (1997) is bewezen dat er een placebo-effect kan optreden wanneer van tevoren het doel van een onderzoek bekend is, dit kan ook in dit onderzoek een rol hebben gespeeld. Het placebo-effect kan er ook voor gezorgd hebben dat de leerlingen de woordenlijst met afbeeldingen prettiger vonden. Er werd namelijk verteld dat het een positief effect kon hebben. Dit zou een verklaring zijn voor het feit dat ook een aantal begripsdenkers beter hebben gescoord bij woordenlijst B in plaats van A. Om te vermijden dat er een placebo-effect optreedt, zal er in een vervolgonderzoek niet aan de leerlingen verteld moeten worden wat precies het doel van het onderzoek is. Mogelijk komen er dan andere resultaten uit het onderzoek. Wat ook opviel in de resultaten was dat de leerlingen in ronde 2 gemiddeld minder woorden konden onthouden dan de ronde ervoor. Dit kan erop duiden dat de kinderen zich tijdens het onderzoek zijn gaan vervelen. De concentratie, motivatie en inspanning die de kinderen leveren tijdens het onderzoek hebben namelijk invloed op hoeveel ze kunnen onthouden (Krueger, 2018). Om de invloed van de verveling tijdens het onderzoek te verminderen, is ervoor gekozen om de woordenlijsten in verschillende volgordes te laten zien. Op deze manier wordt elke lijst even vaak als laatst gezien. Daardoor zijn de re-

sultaten van de woordenlijsten in gelijke mate beïnvloed door de verveling van de proefpersonen. De uitkomst zal hierdoor relatief weinig worden beïnvloed door verveling. Dit is terug te zien in het kleine verschil tussen ronde 1 en 2 (zie Grafiek 4). Daarnaast werden niet dezelfde woorden gebruikt voor de woordenlijsten. Het niveau van de verschillende woordenlijsten is gelijk gehouden: in elke woordenlijst komen klanken zoveel mogelijk één keer voor, de woorden hebben allemaal één lettergreep en de categorieën binnen de woordenlijsten zijn verschillend gehouden (Aitchison, 2012). Dit is gedaan zodat voorkomen wordt dat de ene woordenlijst moeilijker te onthouden is dan de andere en dat daardoor de uitslag wordt beïnvloed. Het is nog altijd mogelijk dat een individu de ene woordenlijst makkelijker vond om te onthouden dan een andere.

Sommige leerlingen kunnen beter zijn in het onthouden van woordjes dan anderen. Dit heeft invloed op de gemiddelde resultaten omdat de leerlingen in dit onderzoek niet alleen gevraagd worden de woorden te onthouden, maar ook nog de woorden uit een vreemde taal te onthouden. De invloed hiervan wordt verminderd doordat elke leerling met beide woordenlijsten een experiment uitvoert. Wanneer iemand heel goed is in het onthouden van woorden, en zo de gemiddelden beïnvloedt, heeft dit op beide woordenlijsten een even groot effect en daarnaast heeft dit onderzoek een relatief grote onderzoeksgroep.

Afbeeldingen kunnen in dit onderzoek op twee manieren helpen: ze kunnen ervoor zorgen dat woorden beter te begrijpen zijn of dat beelddenkers de woorden makkelijker kunnen onthouden. Er is in dit geval gekozen voor het onthouden van woorden om er zeker van te zijn dat de leerlingen de woorden goed gelezen hebben en omdat er op school ook veel informatie gelezen wordt die de leerling daarna moet onthouden. Omdat beelddenkers een verminderd werkgeheugen hebben op het gebied van taal (De Beelddenker, 2019; Murre 2010) kan er niet met zekerheid worden gezegd dat de afbeeldingen hebben geholpen om het woord te begrijpen. Om te kijken wat het precieze effect van de afbeeldingen is, zou een extra test moeten worden afgenomen, waarbij het geheugen buiten beschouwing blijft. Daarna moet de conclusie worden getrokken uit beide experimenten.

Ook is er in dit onderzoek een woordenlijst (A) zonder afbeeldingen. Bij deze woorden kunnen leerlingen ook zelf geen afbeeldingen bedenken. Dit is voor dit onderzoek gebruikt, om specifiek naar het effect van afbeeldingen te kijken. Hierbij is er wel een kans dat de beelddenkers zijn benadeeld tegenover de begripsdenkers, omdat beelddenkers informatie onthouden door er een beeld van te maken. Hierdoor is er een kans dat de resultaten minder betrouwbaar zijn, omdat de woordenlijst A wellicht moeilijker was voor beelddenkers. Bij vervolgonderzoek kan hier rekening mee worden gehouden.

Het onderzoek is op vijf verschillende momenten uitgevoerd. Tussen de vijf verschillende keren zaten echter kleine verschillen in de uitvoering. Het is mogelijk dat de ene groep meer afgeleid raakte dan de andere groep, wat betekent dat de concentratie van de ene groep hoger kan zijn geweest dan die van een andere groep, waardoor ze de woorden beter hebben kunnen onthouden (Krueger, 2018). Dit is niet terug te zien in de resultaten. Om uit te sluiten dat de verschillende momenten invloed hebben op de resultaten, kan er in een volgend onderzoek voor gekozen worden om het onderzoek op één moment uit te voeren.

Ook zijn de gebruikte meetwaarden om onze resultaten uit

te halen voorzien door leerlingen. Het is maar de vraag of zij de vragenlijsten naar waarheid hebben ingevuld, en met volle inzet hebben meegedaan. De vragen bieden ook geen 100% zekerheid over de manier waarop kinderen het beste leren, en of zij een beelddenker zijn of niet. Daar staat tegenover dat de vragenlijst in meerdere onderzoeken is gebruikt.

Naar aanleiding van dit onderzoek zijn dus nog verschillende vervolgonderzoeken mogelijk. Er kan een onderzoek worden uitgevoerd waarin het placebo-effect vermeden wordt en waarin de leerlingen niet weten met welk doel ze de proef uitvoeren om erachter te komen welk effect afbeeldingen hebben. Ook kan het interessant zijn om te kijken in welke mate afbeeldingen nog meer kunnen helpen voor beelddenkers in het onderwijs.

In afwachting van vervolgonderzoek is het voor leraren te overwegen om beelddenkers de mogelijkheid te geven om woordenlijst met afbeeldingen te kunnen leren.

6. Bibliografie

Aitchison, J. (2012). *Words in the Mind: An Introduction to the Mental Lexicon* (4e edition). West Sussex, UK : Wiley-Blackwell

Anderson, J. R. (2005). *Cognitive psychology and its implications*. Macmillan.

Bezem, A., Van de Coolwijk, M. (2005). *Beeld en Brein: een praktische handleiding voor het bedrijfsleven om het creatieve, snelle en voorval inventieve van beelddenken (weer) te benutten en de communicatieverschillen te leren hanteren*. Bureau Bezem.

Boer, M.A. de, (2022, 14 april). Open en gesloten lettergrepen: een stappenplan. Wijzer over de Basisschool. <https://wijzeroverdebasisschool.nl/uitleg/open-gesloten-lettergrepen>

Boer, M.A. de, (2022, juli 7). Wat zijn lettergrepen?. Wijzer over de Basisschool. <https://wijzeroverdebasisschool.nl/uitleg/wat-is-een-lettergreep>

Carney, R.N., Levin, J.R. (2002). Pictorial illustrations Still Improve Students' Learning from Text. Springer. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1013176309260>

Carroll, J. B., & Maxwell, S. E. (1979). Individual differences in cognitive abilities. *Annual review of psychology*, 30(1),

Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory?. *Progress in brain research*, 169.

De Beelddenker. (2019). Zwakke linker hersenhelft <https://www.debeelddenker.nl/beelddenken/zwakke-linker-hersenhelft/>

De Beelddenker. (2020). De hersenen. <https://www.debeelddenker.nl/beelddenken/de-hersenen/>

Ellis, R. (2009). Task-Based Language Teaching: Sorting out the Misunderstandings. *International Journal of Applied Linguistics*,... <http://dx.doi.org/10.1111/j.1473-4192.2009.00231.x>

Hersenstichting. (2022, 16 maart). Hersenweetjes. <https://www.hersenstichting.nl/dit-doen-wij/voorlichting/de-hersenen/hersenweetjes/>

Hulstijn, J. H. (2004). Oefenen in woord-voor-woord verstaan als vorm van impliciet leren. <https://dare.uva.nl/search?identifier=e8e4b0cc-f1dc-458e-8650-8d1874cfe38>

Kaldeway, J. (z.d.) Weergave van Leerstijlen, dan wel denkstijlen als uitgangspunt voor vakdidactische ontwik-

keling.. <https://lt-tijdschriften.nl/ojs/index.php/lt/article/view/206/201>

Kamer, M.A.G. (2015, 23 juni). Het verband tussen denkstijl, werkgeheugenvaardigheden en woordenschat. *Studenttheses.uu.nl*. <https://studenttheses.uu.nl/bitstream/handle/20.500.12932/22227/Masterthesis%20Kamer%2c%20MAG-3699617.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Lebbink-Burmanjer, B. (2018, 6 november). Zintuigelijk denken en begripsdenken: een wereld van verschil. *Eigenwijs Leren*. <https://www.eigenwijsleren.nl/zintuiglijk-denken-of-taal-denken/>

Mann, R. L. (2001). Eye to eye: Connecting with gifted visual-spatial learners. *Gifted Child Today*,

Mann, R. L. (2004). Gifted students with spatial strengths and sequential weaknesses: An overlooked and under-identified population.

Mayer, R., & J. Gallini (1990). When Is an Illustration Worth Ten Thousand Words? *Journal of Educational Psychology*

Mulder, L.E.C. (2015, juni). De invloed van denkstijl en visuele en verbale vaardigheden op schoolprestaties. *Studenttheses.uu.nl*. <https://studenttheses.uu.nl/bitstream/handle/20.500.12932/22639/Masterthesis%20Mulder%2c%20EC-4260562.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Murre, J. (2010). De psychologie van het leren: onthouden, vergeten en de opslagcapaciteit van de hersenen. https://doi.org/10.1007/978-90-313-7816-6_1

Newcombe, N. S., & Stieff, M. (2012). Six myths about spatial thinking. *International Journal of Science Education*,

Numentum, N. (2022, 19 september). Hoe groot is het percentage beelddenkers in een groep?. *Numentum*. <https://www.numentum.be/blog/hoe-groot-is-het-percentage-beelddenkers-in-een-groep>

Oosterveen-Hess, A. (2016). *Ik leer anders: werkboek voor leerlingen van de basisschool met leerproblemen, dyslexie, ADHD, ADD, hoogbegaafd, beelddenken of hoog sensitief*. Ik Leer Anders, Uitgeverij.

Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology / Revue canadienne de psychologie*. <https://doi.org/10.1037/h0084295>

Paivio, A. (2006). *Mind and its evolution; A dual coding theoretical interpretation*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates

Persson, L. (2019, 9 augustus). Bekijk: Alvast een nieuwe taal leren op de basisschool. *NEMOKennislink*. <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/alvast-een-nieuwe-taal-leren-op-de-basisschool>

Plakas, A., van Zuijlen, T., van Leeuwen, T., Thomson, J. M., & van der Leij, A. (2013). Impaired non-speech auditory processing at a pre-reading age is a risk-factor for dyslexia but not a predictor: An ERP study. *Cortex*, 49(4), 1034–1045. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.02.013>

Renting, A. W. H. (2016). Dyslexie, creativiteit en beelddenken. *studenttheses.uu.nl*. <https://studenttheses.uu.nl/handle/20.500.12932/20174>

Silverman, L. K. (2000). Identifying visual-spatial and auditory-sequential learners: A validation study. In N. Colangelo & S. G. Assouline (Eds.), *Talent development V: Pro-*

ceedings from the 2000 Henry B. and Jocelyn Wallace National Research Symposium on Talent Development. <http://www.visualspatial.org/files/idvsls.pdf>

Silverman, L. K. (2002). Upside-down brilliance: The visual-spatial learner. Denver, C DeLeon Publishing.

Suijkerbuijk, A.M., Jonker, H., Van den Bos, K.P., Kroesbergen, E.H. (z.d.). Beelddenken: Een onderzoek naar visuele en verbale denkvoorkeuren en vaardigheden bij leerlingen van groep 6 en 7. Repository.ubn.ru.nl. <https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/192486/192486.pdf>

Turney, S. (2022,10 november). Chi-kwadraattoets (Chi-square Test) | Soorten & Voorbeelden. Scribbr. <https://www.scribbr.nl/statistiek/chi-kwadraattoets/>

Wittig, J. H., Jang, A. I., Cocjin, J. B., Inati, S. K., & Zaghoul, K. A. (2018). Attention improves memory by suppressing spiking-neuron activity in the human anterior temporal lobe. *Nature neuroscience*, 21(6), 808-810.

Woerden, N. C., van, & Wiers, R. W. (2000). Beelddenken kritisch bekeken. *De Psycholoog*,

PERCENTAGE BEELDDENKER	AANTAL LEERLINGEN
<40%	0
40-49%	5
50-59%	36
60-69%	44
70-79%	19
80-89%	4
>90%	0

Figuur 2, tabel 1: Aantal leerlingen per percentage beelddenker

PERCENTAGE HOEVEELHEID BEELDDENKER	WOORDENLIJST B HOGER GESCOORD
<40%	0
40-49%	4
50-59%	18
60-69%	36
70-79%	15
80-89%	4
>90%	0

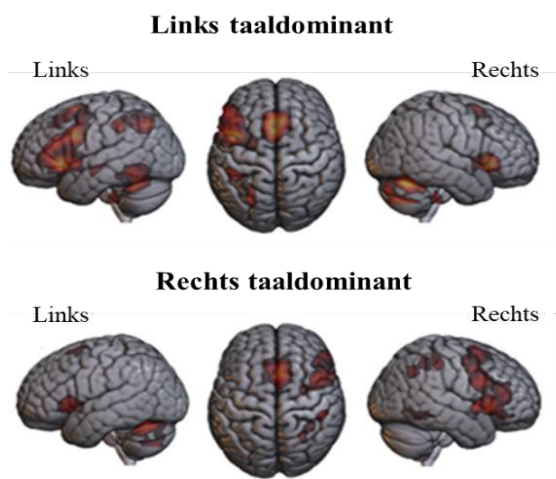
Figuur 3, tabel 2: Aantal leerlingen dat woordenlijst B hoger heeft gescoord per percentage beelddenker

	Hogere score afbeeldingen	Lagere score afbeeldingen	Totaal
< 60% beelddenker	22	19	41
> = 60% beelddenker	55	12	67
Totaal	77	31	108

Figuur 4, tabel 3: Uitkomsten woordenlijsten

	Hogere score afbeeldingen	Lagere score afbeeldingen	Totaal
< 60% beelddenker	27,07	10,90	41,00
> = 60% beelddenker	44,23	17,81	67
Totaal	71,30	28,70	108

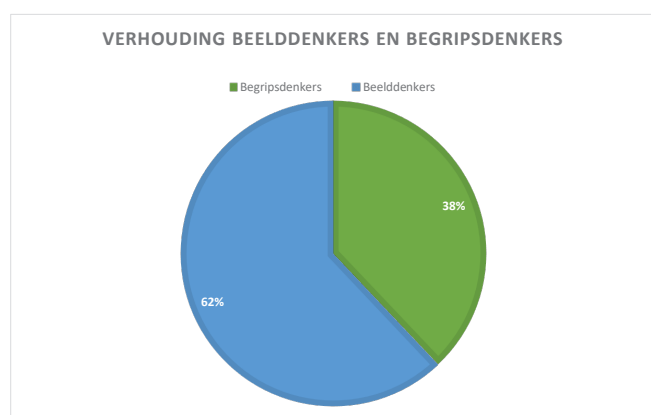
Figuur 5, tabel 4: Verwachte uitkomsten woordenlijsten



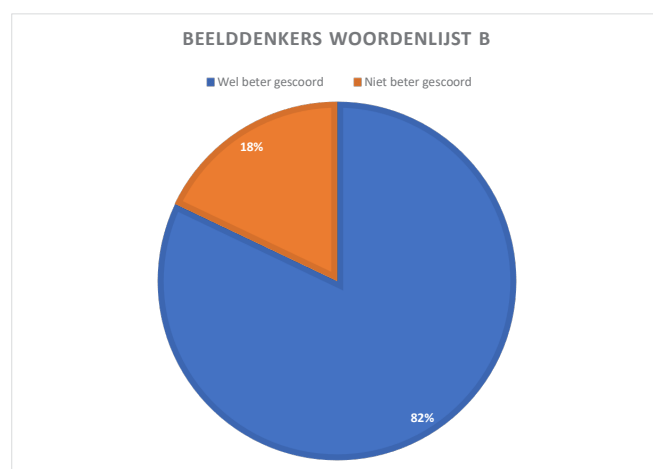
Figuur 1, dominante hersenhelft bij taal (Hersenstichting, 2022)



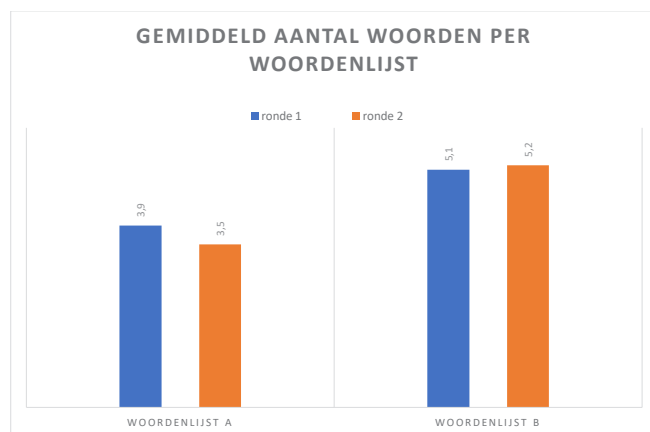
Figuur 7, grafiek 2: Percentage begripsdenkers die bij woordenlijst B hoger hebben gescoord



Figuur 6, grafiek 1: Verdeling beelddenkers en begripsdenkers bij testpersonen



Figuur 8, grafiek 3: Percentage beelddenkers die bij woordenlijst B hoger hebben gescoord



Figuur 9, grafiek 4: Gemiddeld aantal onthouden woorden per ronde

Bijlage A, Woordenlijst A

omdat = porque
 maar = pero
 dit = este
 deel = parte
 nog = aún
 leuk = bonito
 bang = ansioso
 het = la
 eind = final
 dat = cual
 hoop = montón
 als = si

Bijlage B, Woordenlijst B

roos = rosa



kat = gato



fles = botella



school = escuela



stoel = silla



rood = rojo



zon = sol



appel = manzana



schat = carriño



hand = mano



ijs = helado



wolf = lobo

**Bijlage C, Antwoordenblad**

Naam:

omdat = _____

maar = _____

dit = _____

deel = _____

nog = _____

leuk = _____

bang = _____

het = _____

eind = _____

dat = _____

hoop = _____

als = _____

Naam:

roos = _____

fles = _____

stoel = _____

zon = _____

schat = _____

ijs = _____

kat = _____

school = _____

rood = _____

appel = _____

hand = _____

wolf = _____

Bijlage D, Vragenlijst

Naam: _____ School: _____ Klas: _____ Leeftijd: _____
In deze vragenlijst staan 40 uitspraken. Lees iedere uitspraak goed door en kruis het hokje aan met het antwoord dat het beste bij jou past. Er zijn geen goede of foute antwoorden en de antwoorden op de vragen worden niet aan anderen verteld.

	(Bijna) NOOIT	SOMS	VAAK	(Bijna) ALTUD
1. Als ik iets kwijt ben, vind ik het prettig om plaatjes in mijn hoofd te maken van de plekken waar ik geweest ben (om het zo terug te vinden).				
2. Ik kan goed gezichten onthouden. Van bijvoorbeeld koning Willem Alexander, kan ik goed in mijn hoofd een soort foto van hem vormen.				
3. Als ik verhalen lees dan heb ik vaak een beeld in mijn hoofd van de gebeurtenissen of plekken (bijvoorbeeld een kamer) die in dat verhaal beschreven worden.				
4. Bij hoofdrekenen, bijvoorbeeld optellen, dan zie ik in gedachten de getallen voor me (in mijn hoofd).				
5. Ik ben creatief.				
6. Mijn dromen zijn overdag vaak erg duidelijk, vaak denk ik dat ik ze echt heb meegemaakt.				
7. Ik vind vaak creatieve oplossingen bij problemen.				
8. Bij de opdracht 'wat hoort er niet in het rijtje thuis' kan ik vaak meerdere goede antwoorden vinden.				
9. Ik weet vaak dingen, zonder dat ik kan uitleggen hoe, ik aan het antwoord ben gekomen.				
10. Ik kan eigenlijk van bijna alle woorden die ik hoor wel een beeld of plaatje in mijn hoofd maken.				
11. Ik ben niet goed in organiseren en/of plannen.				
12. Wanneer ik nieuwe informatie leer dan maak ik het liefste plaatjes van het idee in mijn hoofd.				
15. Ik vergeet vaak de tijd.				
16. Ik volg bij het oplossen van een probleem geen vaste stapjes. Ik probeer dingen uit en vind dan ineens de oplossing.				

17. Ik ben goed in het vertellen van moppen en verhalen.				
18. Ik kan mijn ogen sluiten en me gemakkelijk een gebeurtenis voorstellen die ik eerder heb beleefd.				
19. Ik kan me makkelijk herinneren hoe ik ergens ben gekomen, waar ik maar één keer ben geweest.				
20. Ik lees liever stripboeken dan gewone boeken.				
21. Soms heb ik moeite om het juiste woord op het juiste moment te vinden en te gebruiken.				
22. Wanneer ik vrije tijd heb thuis, zou ik liever mijn apparaten uit elkaar halen om te zien hoe ze werken dan te spelen met mijn speelgoed.				
23. Ik ben beter in het onthouden van hoe iemand eruit zag dan het onthouden van dingen die mensen zeggen. Bijvoorbeeld bij een etentje zie ik voor me wat mijn vriendjes aan hadden maar ik weet niet meer waar de gesprekken over gingen.				
24. Ik heb een fotografisch geheugen, ik herinner me de dingen vaak heel nauwkeurig, alsof het foto's zijn.				
25. Ik kan met gemak details herinneren die een ander misschien wel nooit opmerkt. Dat gaat bij mij automatisch, bijvoorbeeld de kleur van iemands shirt, of de kleur van zijn/haar schoenen.				
26. Ik ben goed in technisch tekenen (tekeningen maken voor bijvoorbeeld het bouwen van een model/huis).				
27. Ik lees het liefst boeken met veel plaatjes.				
28. Tijdens het reizen naar onbekende plaatsen ben ik goed in het gebruiken van een routekaart.				
29. Ik kan in mijn hoofd gemakkelijk een voorwerp draaien zodat ik het vanuit verschillende kanten kan bekijken.				
30. Ik vind ruimtelijke spelletjes en activiteiten, zoals constructies met blokken (LEGO, Tetris, Minecraft) leuk om te doen.				
31. Dingen die ik zelf heb gedaan herinner ik me veel beter dan dingen waarover ik (alleen) gelezen heb.				

32. Het schrijven van een verhaal vind ik makkelijk. Ik kan gemakkelijk mijn gedachten en ideeën opschrijven.				
33. Wanneer ik probeer een nieuw wiskunde of reken probleem op te lossen zou ik liever mijn eigen manier gebruiken om het op te lossen.				
34. Als ik een opdracht moet maken dan volg ik vaak niet de instructies van de juf/meester maar kom ik wel tot het goede resultaat.				
35. Als de juf/meester een lange uitleg geeft zonder plaatjes te gebruiken of op het bord te schrijven, dan verlies ik vaak mijn aandacht.				
36. Ik ken meer verschillende woorden dan mijn klasgenoten.				
37. Als ik me een gebeurtenis herinner, komt er vaker taal in mij op dan beelden of voorstellingen.				
38. Als ik een meubelpakket (van IKEA) in elkaar moest zetten dan zou ik liever naar de plaatjes kijken, maar niet de aanwijzingen lezen.				
39. Als ik iets uit moet leggen dan maak ik liever tekeningen of schetsen dan dat ik woorden gebruik.				
40. Wanneer ik me het gezicht van een vriend (of vriendin) voorstel, heb ik daarbij een scherp en helder beeld.				
41. Ik heb soms problemen met goed uit te drukken wat ik nu eigenlijk wil zeggen. Ik heb vaak ideeën die ik moeilijk in woorden kan uitdrukken.				
42. Dingen in je geheugen zetten door woorden steeds te herhalen (woorden 'stampen') vind ik tijdrovend en niet handig.				

De invloed van de drie opeenvolgende lockdowns op het persoonlijke stressniveau van 5 en 6 vwo-leerlingen

S.E. Meijerink¹, D.H.P. Wiggers², B. van de Ven³, M. Niemeijer³, R. Beulen¹, M., Jorink², L. Holsbeeke³

¹Het Stedelijk lyceum, Kottenpark, Enschede

²Lyceum de Grundel, Hengelo

³Afdeling Pre-U-, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - This paper examines the effect the corona lockdowns had on the stress levels of 5 and 6 vwo students. More specifically, it looks into the differences of the lockdowns and their corresponding stress levels. The results are acquired through quantitative research, a survey to be exact. This survey was distributed amongst 5 and 6 vwo students and would ask them to rate their stress levels after each lockdown. The stress levels were also examined through statements that the participants could agree with or not. It was found that the stress levels increased during the second lockdown but decreased during the third. Therefore, it can be concluded that there was an effect on the stress levels of the students due to the lockdowns.

1. Introductie

Stress speelt een grote rol in het leven van jongeren. Uit de gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) van 2021, blijkt dat bijna de helft van de jongeren regelmatig stress ervaart over hun drukke leven, studie en toekomst. Schoolzaken zijn dan ook het meest stress opwekkende onderwerp onder jongeren. Er is druk om goede cijfers te halen, het huiswerk op tijd af te krijgen en er is onzekerheid over toekomstige baankansen. Daarnaast hebben jongeren relatief vaak stress over hun uiterlijk en geldzaken. Ouder-kind relaties, werk en sociale interacties zijn onderwerpen waar jongeren in verhouding weinig stress over hebben. Zessenzeestig procent van de jongeren die stress ervaart geeft aan dat ze piekeren of dat ze bijvoorbeeld sneller geïrriteerd, chagrijnig of boos zijn, dit blijkt uit het onderzoek van het CBS (2021). Bij de helft van de stress ervarende jongeren komen concentratie- en/of slaapproblemen voor. Al met al heeft stress dus veel invloed op het leven en welzijn van jongeren. Ook de coronacrisis heeft impact gehad op het stressniveau onder jongeren. Jongeren konden minder naar school, niet meer sporten en hadden minder contact met vrienden. De resultaten van het CBS (2021) laten zien dat jongeren steeds vaker gevoelens van onrust ervaren en zich minder kalm voelen. Ruim 44% van jongeren tussen de 12 en 17 jaar gaven in dat onderzoek aan zich steeds vaker gestrest te voelen over school door de coronacrisis. Ook op het gebied van werk en bijbaantjes gaven jongeren aan eerder gevoelens van stress te ervaren dan voor de coronacrisis.

Het onderzoek van het CBS (2021) toont dus aan dat jongeren meer stress hebben ervaren tijdens de coronacrisis. Dit onderzoek richtte zich op de totale jongeren generatie en hield geen rekening met de effecten van de derde lockdown. Dit haakt in de kennis zal gevuld worden door dit onderzoek, door de effecten van de drie verschillende lockdowns op het stressniveau te meten van 5 en 6 vwo-leerlingen. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag: In hoeverre is er een verschil in persoonlijk stressniveau waargenomen tussen de drie lockdowns bij 5 en 6 vwo-leerlingen?

De verwachting is dat het stressniveau bij 5 en 6 vwo-leerlingen na iedere lockdown periode toeneemt. Deze verwachting is gebaseerd op de resultaten van het eerdergenoemd onderzoek van het CBS (2021) waaruit is gebleken dat jongeren steeds meer stress hebben ervaren door de coronacrisis. Deze

verwachting wordt ondersteund door het resultaat van een literatuuronderzoek van het RIVM en Nivel (2022) waaruit blijkt dat lockdowns een negatief impact hebben op de mentale en lichamelijke gezondheid van jongeren.

2. Theoretisch kader

In de literatuur wordt het begrip stress, volgens Vingerhoets et al. (2000), op verschillende manieren gebruikt; waar de een verwijst naar een situatie, de stressor, verwijst een ander naar individuele gevoelens als angst en spanning. Van der Ploeg (2013) geeft de definitie: “stress is de spanning die optreedt als een jeugdige zich bedreigd of uitgedaagd voelt en ervaart dat het evenwicht tussen draagkracht en draaglast op het punt staat verstoord te raken”. Lazarus (1993) legt de verbintenis tussen de persoon en zijn externe situatie. Volgens hem verwijst stress immers naar de interactie tussen een bepaalde stressor en iemands persoonlijkheid, waarbij ieder individu anders reageert op een stressvolle situatie. Wanneer individuen herkennen dat ze niet adequaat kunnen omgaan met de eisen die aan hen worden gesteld of met bedreigingen voor hun welzijn, zullen zij stress ervaren (Lazarus, 1966). Ook Le Fevre et al. (2006) geven aan dat perceptie en interpretatie van de stressor door het individu de belangrijkste factor is voor het ervaren van stress. Echter de mate waarin personen de situatie als stressvol ervaren, hangt volgens Lupien (2021) af van de volgende factoren: de situatie is 1) nieuw 2) onverwacht of onvoorspelbaar 3) een bedreiging voor je ego 4) je hebt geen controle. Deze factoren hoeven niet allemaal voor te komen om stress te ervaren, echter wanneer meer factoren van toepassing zijn, is de stress significant hoger.

De coronapandemie heeft het leven van veel middelbare scholieren en studenten ontwricht. Recente onderzoeken wijzen op toegenomen emotionele stress bij deze leeftijdsgroep (Calma-Birling et al., 2022). Als je kijkt naar de factoren die volgens Lupien bijdragen tot stress is dat ook niet zo vreemd. Het was niet alleen voor iedere jongere een situatie die totaal nieuw was, maar ook voor vrijwel iedere ouder of verzorger van deze jongere. Dat zorgde ervoor dat deze nieuwe situatie voor de jongere nog onvoorspelbaarder en bedreigender werd, aangezien ze niet terug konden vallen op de ervaring van hun ouders of verzorgers met dergelijke situaties. Bovendien had niemand echt controle over de situatie. De psychologische impact van

de coronapandemie lijkt bij tieners dan ook veel groter te zijn geweest dan bij volwassenen, stelt Cai Yun Zhang et al. (2020). Dit komt mede doordat tieners en adolescenten gevoeliger zijn voor de negatieve effecten van stress. Toen na de uitbraak van het coronavirus, lockdown maatregelen werden genomen, betekende dit vermindering van sociale contacten, verplicht thuisblijven en veelal verveling. Situaties die juist voor tieners en jongvolwassenen ongunstig zijn, aangezien tieners en jongvolwassenen voor hun ontwikkeling en hormonale veranderingen afgestemd zijn op leeftijdsgenoten (Cai Yun Zhang et al., 2020). Uit literatuuronderzoek van het RIVM en Nivel (2022) blijkt dat lockdowns een negatief impact hebben op de mentale en lichamelijke gezondheid van jongeren. Veel jongeren zijn minder gaan bewegen, ongezond gaan eten en hadden vaker last hadden van klachten als depressie, angst en eenzaamheid. Voor jongeren die al mentale of lichamelijke problemen hadden, bleken de negatieve gevolgen van de coronacrisis nog groter te zijn. Ook blijkt dat uit onderzoek van Sutin et al. (2022) dat de ontwikkeling van persoonlijkheidskenmerken bij jongvolwassenen enigszins veranderd zijn door de coronacrisis. Er werd een afname van emotionele stabiliteit, vriendelijkheid, zorgvuldigheid en het openstaan voor nieuwe ervaringen geconstateerd. Recent onderzoek van het Netwerk Gezondheidsonderzoek bij Rampen (2022) toont aan dat het nog steeds slecht gaat met de mentale gezondheid van jongeren, zelfs na een periode zonder lockdowns. Hoewel het percentage psychische klachten daalt, blijft 16% van de ondervraagde jongeren zich sterk eenzaam voelen. Ook het hebben van suïcidale gedachten blijft onverminderd hoog. Het aantal jongeren met stress nam wel af met 5%.

Echter, uit het literatuuronderzoek van het Nivel en RIVM (2022) blijkt ook dat de resultaten geen eenduidig beeld geven met betrekking tot de gevolgen van de coronacrisis op de mentale gezondheid van jongeren. Naast de negatieve invloed op de mentale gezondheid, laten de onderzochte studies zien dat jongeren juist veerkrachtig zijn. Er moet dan dus ook rekening gehouden worden met het feit dat veel jongeren geen of weinig klachten ervaarden, of dat hun klachten afnamen nadat de lockdowns eindigden. Daar komt nog bij dat de pandemie voor een deel van de jeugd ook positieve effecten had, bijvoorbeeld doordat ze minder druk of prikkels ervaarden.

3. Methode

Voor dit onderzoek is een online enquête afgenomen om in beeld te brengen hoe participanten stress hebben ervaren tijdens de verschillende lockdowns in de coronacrisis. De doelgroep voor dit onderzoek waren 5 en 6 vwo-leerlingen, alle participanten hebben anoniem meegewerkt aan het onderzoek. De deelnemers zijn bereikt via twee middelbare scholen, Het Stedelijk Lyceum Kottenpark, te Enschede, en Lyceum de Grundel, te Hengelo. Bovendien zijn de deelnemers bereikt met behulp van medeleerlingen van het pre-university honoursprogramma van de Universiteit Twente. Er deden 80 deelnemers van 5 en 6 vwo mee aan het onderzoek waarvan 51 vrouwen en 24 mannen, met een gemiddelde leeftijd van 16,6 jaar. De uitnodiging voor de enquête is verstuurd via e-mail, participanten konden zelf bepalen waar en wanneer ze de enquête invulden. De enquête is gemaakt met behulp van google forms en bestaat uit zes verschillende secties. De data werd in google forms geanonimiseerd. Sectie 1 bestaat uit een inleiding waarin duidelijk wordt gemaakt voor welke doelgroep dit onderzoek bedoeld is en wordt de anonimiteit van de en-

quête benadrukt. Sectie 2 bestaat uit drie algemene vragen en een onderzoek gerichte vraag. De drie algemene vragen gaan over geslacht, leeftijd en of de participant in 5 of 6 vwo zit, waardoor er onderscheid gemaakt zou kunnen worden tussen de verschillende groepen. De onderzoek gerichte vraag betreft het stressniveau in het dagelijks leven, buiten corona om. Deze vraag is opgenomen in de enquête om aan te tonen hoe het stressniveau van de 5 en 6 vwo-leerlingen veranderde tijdens de corona lockdowns.

De volgende drie secties gaan over de drie verschillende lockdown-periodes. Deze secties werden ingeleid met een zelfgemaakte video over de desbetreffende lockdown met de intentie om herinneringen van de lockdown in kwestie, te activeren. De informatie in deze video's is afkomstig van de rijksoverheid en betreft objectieve feiten en maatregelen die tijdens de desbetreffende lockdown van toepassing waren. Op deze manier wordt getracht een duidelijk onderscheid te maken tussen de verschillende lockdowns bij de participanten.

Bij elke lockdown werden drie stellingen gegeven, waarbij de participanten konden kiezen tussen de opties: helemaal oneens, oneens, neutraal, eens of helemaal eens. De stellingen zijn gebaseerd op de Depressie Angst Stress Schaal (DASS, Lovibond & Lovibond, 1995), een vragenlijst voor het meten van depressie, angst en stress. De stellingen zijn gekozen op basis van het onderzoek van de Beurs et al. (2001), omdat deze aantoonde dat de gekozen stellingen een hoge correlatie hebben met stress. De betreffende stellingen zijn:

1. Ik vond het moeilijk om me te ontspannen aan het einde van de desbetreffende lockdown.
2. Ik merkte dat ik erg snel prikkelbaar was aan het einde van de desbetreffende lockdown.
3. Ik merkte dat ik erg onrustig was aan het einde van de desbetreffende lockdown.

Uiteindelijk werd bij elke lockdown de vraag gesteld: "Op een schaal van 1-10, hoe ernstig vond jij jouw stressniveau aan het einde van de desbetreffende lockdown?" Sectie 3 ging over lockdown één, sectie 4 over lockdown twee en sectie 5 over lockdown drie.

Sectie 6 bestond uit vier vragen, de eerste twee vragen gingen over of de participanten de video's werkelijk bekeken hadden en of ze de verschillende lockdowns konden onderscheiden. Deze vragen zijn gesteld om te kunnen kijken naar de verscheidenheid in antwoorden tussen de participanten die wel de video bekeken hebben en de participanten die dit niet gedaan hebben, dit zal helpen in conclusies trekken over of de video's werkten. De laatste twee vragen keken naar hoe de participanten de stress ervaarden, positief of negatief, en of ze nog eventuele opmerkingen hadden. Deze antwoorden zouden eventueel gebruikt kunnen worden in een vervolgonderzoek.

4. Resultaten

De resultaten zijn geanalyseerd op basis van de stellingen en er is gekeken naar de verschillen per lockdown. De exacte data is weergegeven in tabel 1.

In figuur 1 zijn de verschillen in antwoorden per lockdown over stelling 1 geïllustreerd. Er kan worden geconstateerd dat de meeste participanten neutraal bleven over hun capaciteit om te ontspannen tijdens de eerste lockdown. Gedurende de 2e lockdown veranderde dit en zeiden de meeste deelnemers dat zij het eens waren met de stelling. Bij de laatste lockdown fluctueerde dit weer terug naar neutraal. Opmerkelijk is wel dat er tijdens de 3e lockdown wel meer participanten het eens zijn

met de stelling dan tijdens de eerste lockdown.

De resultaten van de 2e stelling zijn weergegeven in figuur 2. Daaruit kan worden afgelezen dat tijdens de 1e lockdown de meeste leerlingen zich sneller prikkelbaar voelden en dus antwoorden met “eens”. Er was echter ook een groot deel van de leerlingen (20%) dat het oneens was met de stelling. Tijdens de daaropvolgende lockdown was er ook een merendeel van de leerlingen dat antwoorde met “eens”, de leerlingen dat “oneens” hadden beantwoord daalde. De laatste lockdown heeft een meer gemiddeld resultaat, waar de meeste deelnemers antwoordden met de optie “neutraal”. Echter, de resultaten van de derde lockdown liggen dicht op elkaar dan tijdens de andere 2 lockdowns.

In figuur 3 zijn de resultaten van deze stelling gerepresenteerd. Meeste participanten waren het oneens en zijn dus van mening dat ze niet onrustig waren aan het eind van de eerste lockdown. De resultaten voor de 2e lockdown veranderde echter aanzienlijk, namelijk de meeste deelnemers waren het hier eens met de stelling (40%). De laatste lockdown had een gemengd resultaat; ook al waren meeste leerlingen het eens met de stelling (28.70%), was er ook een groot deel (23.80%) dat het oneens was.

Er is ook gevraagd naar het gemiddelde stressniveau van de leerlingen buiten corona om en tijdens de verschillende lockdowns. De resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 4. Er kan vastgesteld worden dat het stressniveau tijdens de eerste lockdown daalde, maar flink toenam gedurende de 2e lockdown. Tijdens de laatste lockdown verminderde het stressniveau weer, dit betrof echter een geringe daling.

5. Conclusie

Uit de resultaten die verkregen zijn bij dit onderzoek, blijkt dus dat het gemiddelde stressniveau onder huidige 5 en 6 vwo-leerlingen veel schommelde tijdens de lockdowns. Bij de eerste lockdown was het stressniveau relatief laag, dit steeg echter aanzienlijk tijdens de 2e lockdown. Opmerkelijk is dat gedurende de 3e lockdown de stress weer afnam. Het stressniveau tijdens de lockdowns is zowel boven als onder het algemene stressniveau gemeten.

De verwachting van dit onderzoek was dat er een groei van het gemiddelde stressniveau zou komen tussen de drie lockdowns. Dit komt dus niet overeen met de gemeten data aangezien er een daling plaatsvond tijdens de laatste lockdown. De gegevens komen tevens niet overeen met het onderzoek van het Nederlands Jeugdinstituut (2022). Dit onderzoek concludeerde dat de mentale klachten van kinderen afgenomen waren gedurende de 2e lockdown in vergelijking met de 1e lockdown. Echter, dit onderzoek geeft ook aan dat het onderzoek niet altijd even eenduidig is aangezien eerdere onderzoeken wel een stijging van mentale klachten gedurende de 2e lockdown waarnemen. Dit werd bijvoorbeeld geconstateerd in onderzoek van CBS, Nivel & RIVM. Dit komt dan weer overeen met de gegevens van dit onderzoek.

6. Discussie

In dit onderzoek werd een enquête gebruikt om de stressniveaus van de 5 en 6 vwo-leerlingen te meten op basis van de verschillende lockdowns. Deze enquête is onder 80 leerlingen verspreid uit een vertegenwoordigende steekproef. Hierdoor kan worden gesteld dat bij een herhaling van dit onderzoek de resultaten vergelijkbaar zouden zijn en daarmee is de validiteit van dit onderzoek bewezen. Het is echter zo dat het aantal

participanten relatief laag is, en voornamelijk afkomstig is uit één regio.

Bij dit onderzoek was het van groot belang dat de participanten goed onderscheid konden maken tussen de verschillende lockdowns, om hiervoor te zorgen werden video's gebruikt. Ondanks dat die video's dienden als een soort geheugensteun, is het natuurlijk nooit met 100% zekerheid te zeggen dat alle participanten zich de coronaperiode goed herinneren. Bovendien was het niet verplicht om de video's te kijken, wat gedaan is om ervoor te zorgen dat participanten niet zouden afhaken door een verplichting van het kijken van de video's. Dit resulteerde in dat maar 34% van de deelnemers de video's volledig heeft bekeken. Doordat een groot percentage van de participanten de video's niet heeft bekeken, kan het zijn dat de uitkomst minder betrouwbaar is. De participanten zouden er namelijk vanuit kunnen gaan dat ze nog uit hun hoofd weten hoe ze zich voelden tijdens de verschillende lockdowns. Het kan zo zijn dat de participanten zich het gevoel van elke aparte lockdown nog correct kunnen herinneren. Dit is echter niet te achterhalen en kan dus niet volledig worden vastgesteld. Hierdoor zou het kunnen zijn dat de deelnemers het stressniveau niet correct hebben gekoppeld aan de bijbehorende lockdown. Daarnaast is één van de vragen in de enquête op een eventueel misleidende manier geformuleerd, namelijk de vraag over het algemene stressniveau buiten corona om. Deze vraag kan op twee verschillende manieren opgevat worden. Sommige participanten zouden de vraag kunnen opvatten als het stressniveau als er niet over corona wordt nagedacht en anderen zouden hem kunnen interpreteren als het stressniveau voordat de coronapandemie uitbrak. Dit kan er dus voor zorgen dat er verschillende antwoorden zijn binnen de participantengroep. Daardoor kan je niet met zekerheid zeggen hoe het stressniveau veranderde toen de eerste lockdown begon.

Verder kan het zo zijn dat het stressniveau niet alleen is veroorzaakt door de corona lockdowns, er zouden ook andere factoren van invloed kunnen zijn. Het kan namelijk zijn dat scholen niet hetzelfde gereageerd hebben op de coronapandemie, de ene school zou bijvoorbeeld veel eerder begonnen kunnen zijn met online lesgeven en zou dat op een hele andere manier gedaan kunnen hebben dan de andere school. Ook de thuis-situatie zou mee kunnen tellen, zo gaf bijvoorbeeld één van de participanten in de opmerkingen al aan dat hun stressniveau hierdoor sterk beïnvloed werd. Wat overeenkomt met de bevindingen uit het onderzoek van Van loon et al. (2022) dat jongeren met weinig sociale steun in hun omgeving meer last hadden van stress dan andere jongeren in de coronacrisis.

Tenslotte, kan de stress die ervaren is door de participanten ook positief worden ervaren. Daarbij kan het natuurlijk ook zijn dat de deelnemer helemaal geen stress heeft ervaren. Bij één van de laatste vragen van de enquête werd dan ook gevraagd welke invloed de door corona veroorzaakte stress heeft gehad op het leven van de participant. Ruim 80% van de participanten heeft wel stress ervaren, wat in ongeveer 15% van de gevallen positief was.

Concluderend, we kunnen een effect van de corona lockdowns op de stressniveaus van de 5 en 6 vwo-leerlingen constateren. Echter, we kunnen niet stellen dat dit uitsluitend veroorzaakt wordt door de lockdowns.

7. Vervolgonderzoek

In dit onderzoek is alleen gekeken naar de hoeveelheid stress en niet hoe deze veroorzaakt werd. Er zou dus een vervol-

gonderzoek kunnen worden gedaan naar de oorzaken van de gemeten stressniveaus. Hierbij zou er eventueel gekeken kunnen worden naar de verschillende factoren die hier invloed op hebben gehad, bijvoorbeeld de maatregelen op school of de maatregelen van de overheid. Ook zou er gekeken kunnen worden naar de verschillen tussen de leerjaren en het belang van de stof die ze op dat moment krijgen of naar de verschillen tussen de vak profielen.

De participanten zouden ook nog kunnen worden ingedeeld op bijvoorbeeld geslacht, leeftijd, regio of de klas waar de participant inzit. In dit onderzoek werd wel gevraagd naar geslacht, leeftijd en klas maar de groepen werden niet uit elkaar gehouden. Dit kwam mede door het feit dat er een relatief kleine deelnemersgroep aanwezig was. Echter, bij een vervolgonderzoek zou men de resultaten van deze verschillende groepen ook daadwerkelijk van elkaar kunnen onderscheiden.

8. Bibliografie

Beurs, E., Dyck, R., Marquenie, L.A., Lange, A., & Blonk, R.W.B. (2001). De DASS: een vragenlijst voor het meten van depressie, angst en stress. *Gedragstherapie*, 34(35)

Bosmans, M., Marra, E., & Dückers, M. (2022). De gevolgen van de coronapandemie voor de gezondheid en het welzijn van de jeugd: een systematische literatuurstudie. Nivel & RIVM rapport 2022-0019. DOI 10.21945/Nivel-RIVM-2022-0019

Calma-Birling, D., & Zelazo, P.D. (2022). A network analysis of high school and college students' COVID-19-related concerns, self-regulatory skills, and affect. *American Psychologist*, 77(6), 727–742 <https://doi.org/10.1037/amp0001023>

Corona en Milieurecht - VMR. Corona en milieurecht - VMR. (z.d.) <https://www.milieurecht.nl/nieuws/corona-en-milieurecht>

Depression anxiety stress scales - DASS. (n.d.). Retrieved October 16, 2022, from <http://www2.psy.unsw.edu.au/Groups/Dass/>

Hang, H., Cao, L., Feng, L., & Yang, M. (2020, April 25). Multi-modal interactive fusion method for detecting teenagers' psychological stress. *Journal of Biomedical Informatics*. Retrieved October 16, 2022, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046420300551#b0005>

Jester, N., & Kang, P. (2021, March 16). Covid-19 pandemic: Is teenagers' health in crisis? an investigation into the effects of covid-19 on self-reported mental and physical health of teenagers in secondary education. *Public Health in Practice*. Retrieved October 16, 2022, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666535221000240>

Kwartaalonderzoek Jongeren. RIVM. (n.d.). Retrieved October 16, 2022, from <https://www.rivm.nl/gezondheidsonderzoek-covid-19/kwartaalonderzoek-jongeren#:~:text=Een%20op%20de%20zes%20jongeren,aan%20hun%20leven%20te%20maken>

Lazarus, R.S. (1966). *Psychological stress and the coping process*. McGraw-Hill.

Lazarus, R.S. (1993). From psychological stress to the emotions: A history of changing outlooks. *Annual review of psychology*, 44(1), 1-22

Le Fevre, M., Kolt, G.S., & Matheny, J. (2006). Eustress, distress and their interpretation in primary and secondary occupational stress management interventions: which way

first?. *Journal of Managerial Psychology*, 21(6), 547-565

Lovibond, S.H. & Lovibond, P.F. (1995) manual for the depression anxiety stress scales. 2nd edition, Psychology Foundation, Sydney. - references - scientific research publishing. (n.d.). Retrieved February 1, 2023, from <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1341416>

Onderzoek naar corona en mentaal welbevinden | Nederlands Jeugdinstituut. (2022, 2 december). Nederlands Jeugdinstituut. Geraadpleegd op 1 februari 2023, van <https://www.nji.nl/coronavirus/onderzoek-naar-corona-en-mentaal-welbevinden>

Kloosterman, M. A. (2021, December 13). Samenvatting. Centraal Bureau voor de Statistiek. Retrieved October 16, 2022, from <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2021/welzijn-en-stress-bij-jongeren-in-coronatijd/samenvatting>

Van Loon, A.W.G., Creemers, H.E., Vogelaar, S., Saab, N., Miers, A.C., Westenberg, P.M., & Asher, I. (2022). Trajectories of adolescent perceived stress and symptoms of depression and anxiety during the COVID-19 pandemic. *Scientific Reports* 12, 15957

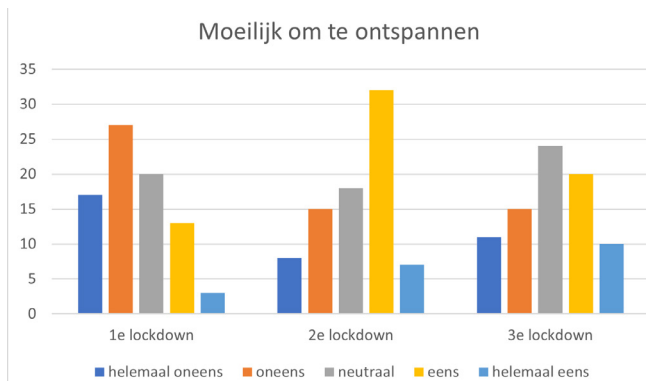
Vingerhoets, A.J.J.M. & Rigter, H. (Red.) (1994). *Stress en gezondheid*. Tilburg: Tilburg University Press

Vingerhoets, A. J. J. M. (2000). Wat is stress? In E. Slager, B. Fauser, S. Gordts, P. Kenemans, P. Koninckx, H. van Geijn, & H. Wildschut (editors), *Infertiliteit, gynaecologie en obstetrie anno 2000* (blz. 324-328). Organon Nede

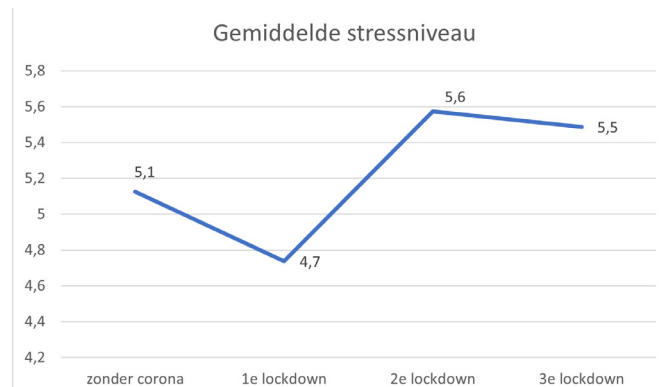
Sutin A.R., Stephan Y., Luchetti M., Aschwanden D., Lee J.H. (2022) Differential personality change earlier and later in the coronavirus pandemic in a longitudinal sample of adults in the United States. *PLOS ONE* 17(9): e0274542. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274542>

		Helemaal oneens	Oneens	Neutraal	Eens	Helemaal eens
Stelling 1	Lockdown 1	21,3%	33,8%	25%	16,3%	3,8%
	Lockdown 2	10%	18,8%	22,5%	40%	8,8%
	Lockdown 3	13,7%	18,8%	30%	25%	22,5%
Stelling 2	Lockdown 1	13,8%	31,3%	15%	25%	15%
	Lockdown 2	8,8%	16,2%	20%	40%	15%
	Lockdown 3	13,7%	18,8%	28,8%	22,5%	16,3%
Stelling 3	Lockdown 1	12,5%	31,3%	22,5%	23,8%	10%
	Lockdown 2	10%	20%	21,2%	40%	8,8%
	Lockdown 3	13,7%	23,8%	18,8%	28,7%	15%

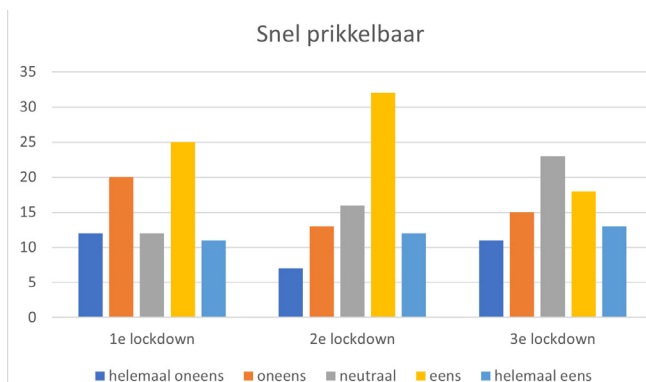
Figuur 1, tabel 1: Resultaten van de enquête over stressniveaus bij 5 en 6 vwo-leerlingen per corona lockdown



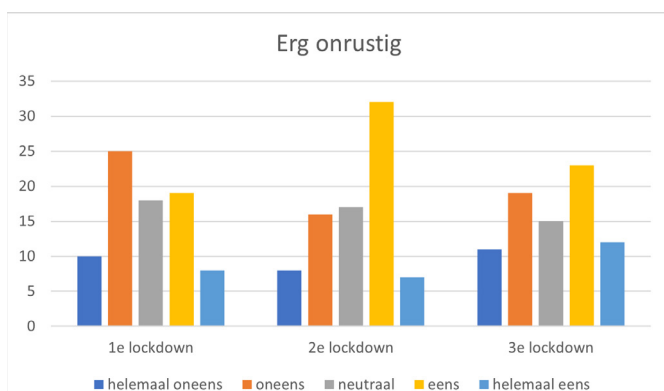
Figuur 2, "Ik vond het moeilijk te ontspannen aan het einde van de lockdown"



Figuur 5, Gemiddelde stressniveau



Figuur 3, "Ik merkte dat ik erg snel prikkelbaar was aan het einde van de lockdown"



Figuur 4, "Ik merkte dat ik erg onrustig was aan het einde van de lockdown"

Bijlage A, De enquête*Sectie 1 van 6 - Stressniveau tijdens corona onder 5 en 6 vwo-leerlingen*

Wij gaan aan de hand van deze enquête onderzoeken hoe stress zich ontwikkelde onder huidige 5 en 6 vwo-leerlingen tijdens corona. Het enige wat jij als 5 of 6 vwo-leerling hoeft te doen is deze enquête invullen, het zal maximaal 10 minuten duren en het is volledig anoniem.

Alvast bedankt!

Sectie 2 van 6 - Algemene vragen

Wat is stress?

Om deze enquête goed te kunnen invullen is het noodzakelijk dat de deelnemer, zoals jij die nu leest, goed weet wat bedoeld wordt met stress.

Daarom geven wij nu even een kleine omschrijving van stress. Stress is de spanning die optreedt als een jeugdige zich bedreigd of uitgedaagd voelt en meer last ervaart dan dat ze kunnen dragen.

Wat is jouw geslacht?

- ☐ Man
- ☐ Vrouw
- ☐ Non-binair
- ☐ Anders

Wat is jouw leeftijd?

- ☐ 14
- ☐ 15
- ☐ 16
- ☐ 17
- ☐ 18
- ☐ >18

In welke klas zit je?

- ☐ 5vwo
- ☐ 6vwo

Wat is volgens jou jouw normale stressniveau in het algemeen dagelijks leven, buiten Covid-19 om?

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6
- ☐ 7
- ☐ 8
- ☐ 9
- ☐ 10

Sectie 3 van 6 - De eerste lockdown

Op deze pagina gaat het over de eerste lockdown, beantwoord deze vragen dan ook zo precies mogelijk overeenkomend met jouw gevoel tijdens de eerste lockdown.

Kijk eerst dit filmpje voordat je de vragen invult:

https://www.youtube.com/watch?v=vnHFq_n2kH0

Stelling: ik vond het moeilijk om me te ontspannen aan het einde van de eerste lockdown.

- ☐ Helemaal mee eens
- ☐ Eens
- ☐ Neutraal
- ☐ Oneens
- ☐ Helemaal oneens

Stelling: Ik merkte dat ik erg snel prikkelbaar was aan het einde van de eerste lockdown.

- ☐ Helemaal mee eens
- ☐ Eens
- ☐ Neutraal
- ☐ Oneens
- ☐ Helemaal oneens

Stelling: ik merkte dat ik erg onrustig was aan het einde van de eerste lockdown.

- ☐ Helemaal mee eens
- ☐ Eens
- ☐ Neutraal
- ☐ Oneens
- ☐ Helemaal oneens

Op een schaal van 1-10, hoe ernstig vond jij jouw stressniveau aan het einde van de eerste lockdown?

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6
- ☐ 7
- ☐ 8
- ☐ 9
- ☐ 10

Sectie 4 van 6 - De tweede lockdown

Op deze pagina gaat het over de tweede lockdown, beantwoord deze vragen dan ook zo precies mogelijk overeenkomend met jouw gevoel tijdens de tweede lockdown.

Kijk eerst dit filmpje voordat je de vragen invult:

<https://youtu.be/8/DAXccW2cQWE>

Stelling: ik vond het moeilijk om me te ontspannen aan het einde van de tweede lockdown.

- ☐ Helemaal mee eens
- ☐ Eens
- ☐ Neutraal
- ☐ Oneens
- ☐ Helemaal oneens

Stelling: Ik merkte dat ik erg snel prikkelbaar was aan het einde van de tweede lockdown.

- ☐ Helemaal mee eens
- ☐ Eens
- ☐ Neutraal
- ☐ Oneens
- ☐ Helemaal oneens

Stelling: ik merkte dat ik erg onrustig was aan het einde van de tweede lockdown.

- ☐ Helemaal mee eens
- ☐ Eens
- ☐ Neutraal
- ☐ Oneens
- ☐ Helemaal oneens

Op een schaal van 1-10, hoe ernstig vond jij jouw stressniveau aan het einde van de tweede lockdown?

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6
- ☐ 7
- ☐ 8
- ☐ 9
- ☐ 10

Sectie 5 van 6 - De derde lockdown

Op deze pagina gaat het over de derde lockdown, beantwoord deze vragen dan ook zo precies mogelijk overeenkomend met jouw gevoel tijdens de derde lockdown.

Kijk eerst dit filmpje voordat je de vragen invult:
<https://youtu.be/EDoTc4Dhzno>

Stelling: ik vond het moeilijk om me te ontspannen aan het einde van de derde lockdown.

- ☐ Helemaal mee eens
- ☐ Eens
- ☐ Neutraal
- ☐ Oneens

- ☐ Helemaal oneens

Stelling: Ik merkte dat ik erg snel prikkelbaar was aan het einde van de derde lockdown.

- ☐ Helemaal mee eens
- ☐ Eens
- ☐ Neutraal
- ☐ Oneens
- ☐ Helemaal oneens

Stelling: ik merkte dat ik erg onrustig was aan het einde van de derde lockdown.

- ☐ Helemaal mee eens
- ☐ Eens
- ☐ Neutraal
- ☐ Oneens
- ☐ Helemaal oneens

Op een schaal van 1-10, hoe ernstig vond jij jouw stressniveau aan het einde van de derde lockdown?

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6
- ☐ 7
- ☐ 8
- ☐ 9
- ☐ 10

Sectie 6 van 6 - De laatste paar vragen

We hebben nog een paar korte vragen voor je om deze enquête af te ronden.

Stelling: ik had het gevoel dat ik goed onderscheid kon maken tussen de verschillende lockdowns door de gegeven filmpjes.

- ☐ Helemaal mee eens
- ☐ Eens
- ☐ Neutraal
- ☐ Oneens
- ☐ Helemaal oneens

Terugkijkend naar je stressniveau tijdens de lockdowns, wat voor invloed heeft de door Covid-19 veroorzaakte stress gehad op jouw leven?

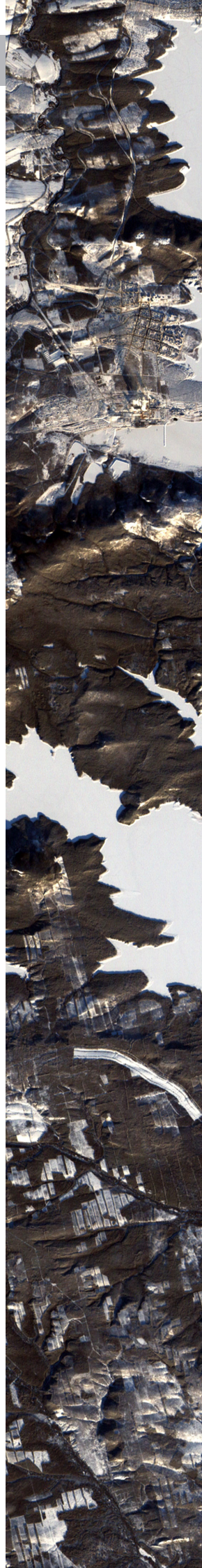
- ☐ Heel erg positief
- ☐ Positief
- ☐ Een beetje positief
- ☐ Neutraal
- ☐ Een beetje negatief

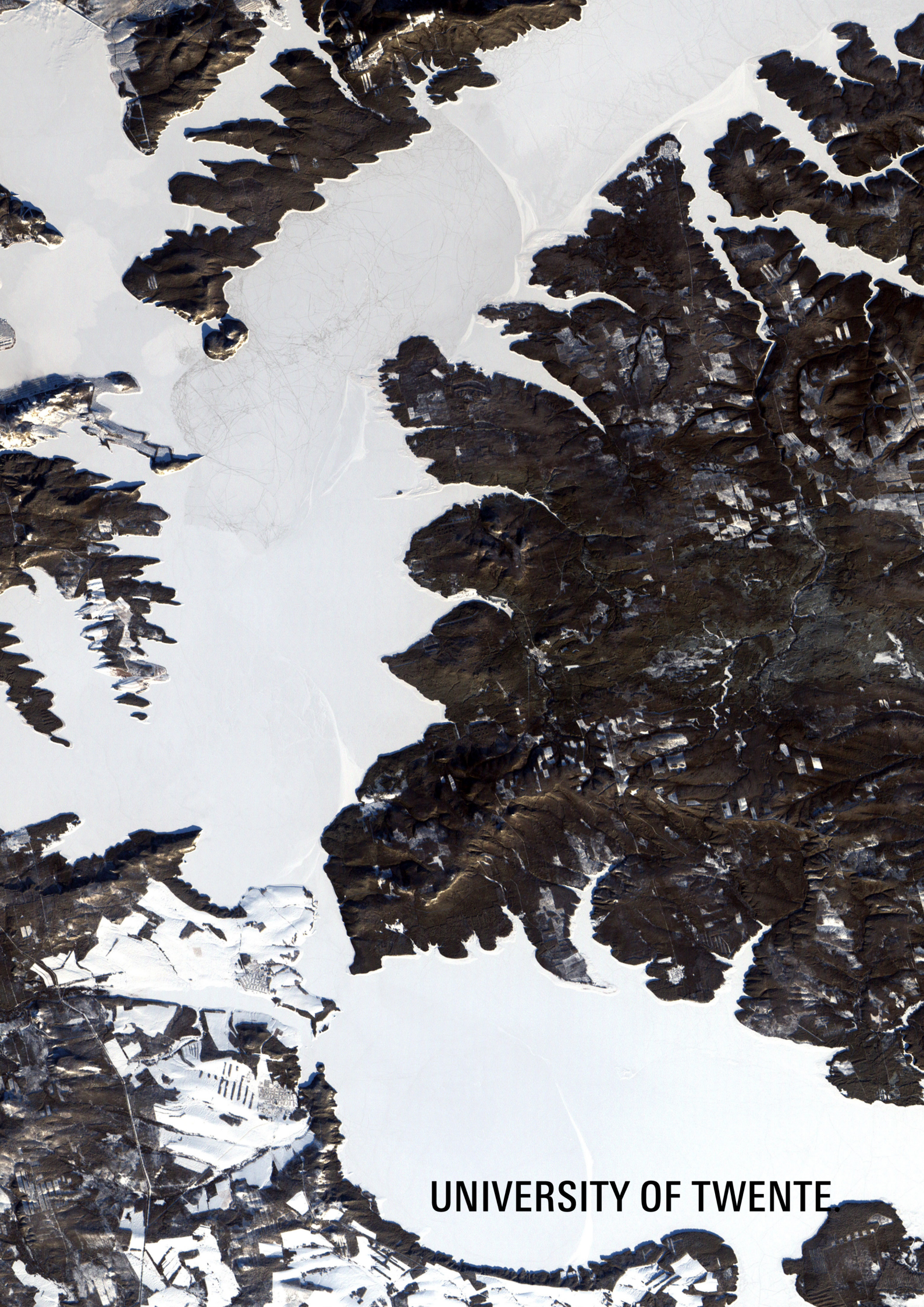
- ☐ Negatief
- ☐ Heel erg negatief
- ☐ Ik heb geen stress ervaren door Covid-19

Heb je de video's per lockdown echt gekeken?
(Nogmaals het is anoniem)

- ☐ Ja
- ☐ Nee
- ☐ Voor een gedeelte

Heb je nog opmerkingen over de enquête?





UNIVERSITY OF TWENTE